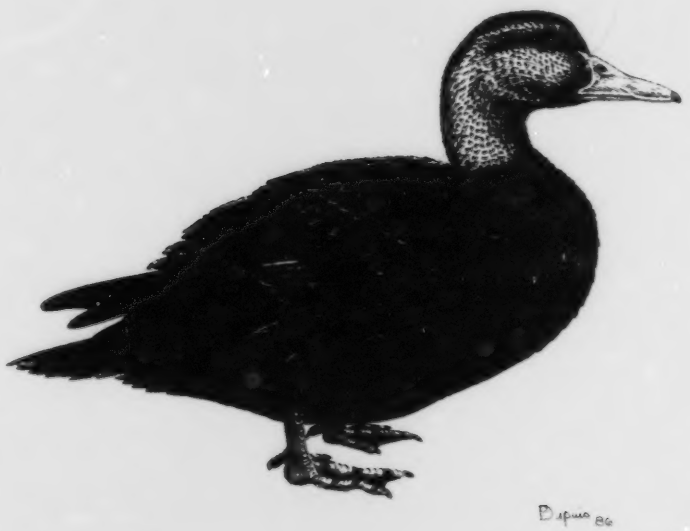
EFFETS DE L'ARROSAGE DE L'AZINPHOS-MÉTHYL, DU MALATHION ET DU CARBOFURAN SUR LES OISEAUX NICHEURS DES POMMERAIES ET DES FRAISERAIES AU QUÉBEC

Douglas J. GRAHAM
Richard POULIN
Jean-Luc DESGRANGES



SÉRIE DE RAPPORTS TECHNIQUES N° 102
Région du Québec 1990
Service canadien de la faune

Environment Canada
Canadian Wildlife Service

Environnement Canada
Service Canadien de la faune

Canada

SÉRIE DE RAPPORTS TECHNIQUES
DU SERVICE CANADIEN DE LA FAUNE

Cette série de rapports donnant des informations scientifiques et techniques sur les projets du Service canadien de la faune (SCF) a démarré en 1986. L'objet de ces rapports est de promouvoir la diffusion d'études s'adressant à un public restreint ou trop volumineuses pour paraître dans une revue scientifique ou l'une des séries du SCF.

Ordinairement, seuls les spécialistes des sujets traités demandent ces rapports techniques. Ces documents ne sont donc produits qu'à l'échelon régional et en quantités limitées; ils ne peuvent être obtenus qu'à l'adresse figurant au dos de la page titre. Cependant, leur numérotage est effectué à l'échelle nationale. La citation recommandée apparaît à la page titre.

Ces rapports se trouvent dans les bibliothèques du SCF et figurent aussi dans les listes du système de référence DOBIS utilisé dans les principales bibliothèques scientifiques du Canada. Ils sont publiés dans la langue officielle choisie par l'auteur en fonction du public visé. **En vue de déterminer si la demande est suffisamment importante pour produire ces rapports dans la deuxième langue officielle, le SCF invite les usagers à lui indiquer leur langue officielle préférée. Il faut envoyer les demandes de rapports techniques dans la deuxième langue officielle à l'adresse indiquée au verso de la page titre.**

TECHNICAL REPORT SERIES
CANADIAN WILDLIFE SERVICE

This series of reports, established in 1986, contains technical and scientific information from projects of the Canadian Wildlife Service. The reports are intended to make available material that either is of interest to a limited audience or is too extensive to be accommodated in scientific journals or in existing CWS series.

Demand for these Technical Reports is usually confined to specialists in the fields concerned. Consequently, they are produced regionally and in small quantities; they can be obtained only from the address given on the back of the title page. However, they are numbered nationally. The recommended citation appears on the title page.

Technical Reports are available in CWS libraries and are listed with the DOBIS system in major scientific libraries across Canada. They are printed in the official language chosen by the author to meet the language preference of the likely audience. **To determine whether there is significant demand for making the reports available in the second official language, CWS invites users to specify their official language preference. Requests for Technical Reports in the second official language should be sent to the address on the back of the title page.**

L'illustration de la couverture est une œuvre de P. Dupuis. Elle ne peut dans aucun cas être utilisée sans avoir obtenu préalablement la permission écrite de l'auteur.

Cover illustration is by P. Dupuis and may not be used for any other purpose without the artist's written permission.

92-07815/

EFFETS DE L'ARROSAGE DE L'AZINPHOS-MÉTHYL, DU MALATHION ET DU CARBOFURAN SUR LES OISEAUX NICHEURS DES POMMERAIES ET DES FRAISERAIES AU QUÉBEC

Douglas J. Graham[1]
Richard Poulin[1]
Jean-Luc DesGranges[1]

SÉRIE DE RAPPORTS TECHNIQUES N°102
Région du Québec 1990
Service canadien de la faune

Ce rapport peut être cité comme suit:

Graham, D., R. Poulin et J.L. DesGranges. 1990. Effets de l'arrosage de l'azinphos-méthyl, du malathion et du carbofuran sur les oiseaux nicheurs des pommeraies et des fraiseraies au Québec. SAGE Ltée pour Environnement Canada. Série de rapport techniques n°102. Service canadien de la faune, région du Québec. xi + 63pp. + annexes.

[1]SAGE Ltée, 4700, boulevard Wilfrid-Hamel, Québec (Québec), G1P 2J9.
[2]Service canadien de la faune, Environnement Canada, C.P. 10100, Sainte-Foy, (Québec), G1V 4H5.

Publié avec l'autorisation du
Ministère de l'Environnement.
Service canadien de la faune

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1990
Numéro de catalogue CW69-5/102F
ISBN 0-662-96344-X
ISSN 0831-6481

Copies disponibles auprès du

Service canadien de la faune
Région du Québec
1141, Route de l'Église, C.P. 10100
Sainte-Foy (Québec), G1V 4H5

RÉSUMÉ

Cette étude s'est déroulée dans le sud du Québec. Elle visait à identifier les effets possibles, sur les oiseaux, de trois insecticides communément utilisés dans la culture des fraises (malathion et carbofuran) et dans les vergers (azinphos-méthyl). Les méthodes expérimentales mises à l'essai pour évaluer l'impact des pesticides comprenaient la mesure de la mortalité imputable directement à l'usage d'un produit, les observations des effets sur la physiologie et le comportement, et les effets sur les populations par l'entremise des comportements territoriaux et de la densité des nids.

Aucun effet ne fut mesuré dans le cas du malathion. Pour le carbofuran, la petitesse de l'échantillonnage ne permet pas de conclure à des effets bien sentis. L'azinphos-méthyl pourrait être responsable de l'inhibition de la cholinestérase observée chez les oiseaux fréquentant les vergers; a part cette exposition possible aux pesticides, aucun autre effet ne fut observé ou mesuré.

La discussion cherche à expliquer les causes de l'absence d'effets mesurables à travers chacune des méthodes utilisées. Enfin, les effets néfastes potentiels des insecticides considérés dans cette étude sont évalués pour d'autres types de culture au Québec.

SUMMARY

This study, carried out in southern Quebec in the summer of 1988, considered the effects on birds of two insecticides commonly use on strawberry fields (malathion and carbofuran) and one employed in apple orchards (azinphos-methyl). In order to document any potential effect, a variety of experimental approaches were adopted involving the evaluation of direct mortality, physiological and behavioral effects and effects at the population level involving territorial changes and nest densities.

No effects were documented in the case of malathion. As concerns carbofuran, sample sizes were so small that they precluded any firm conclusion. In the case of azinphos-methyl in apple orchards, the data on cholinesterase inhibition strongly suggested that resident birds were exposed to the insecticide but no other effect was manifested.

Explanations for the unexpected absence of any observable effects are discussed in detail. Potential hazards of the three insecticides as used on other crops in Quebec are also evaluated.

ÉQUIPE DE TRAVAIL

SAGE Ltée

GRAHAM, Douglas J.	Biologiste Rédacteur principal
POULIN, Richard	Agronome Chargé de projet
FILION, Gaétan	Technicien de la faune
GRENIER, Michel	Dessinateur
IMBEAULT, Maryse	Dessinatrice
ISABEL, Claude	Technicien de la faune
LACHANCE, Diane	Secrétaire
LAFLAMME, Alain	Dessinateur
NADON, Roch	Technicien de la faune

ENVIRONNEMENT CANADA

DESGRANGES, Jean-Luc	Chercheur scientifique Coordination et supervision scientifique
DIGNARD, Michèle	Analyses en laboratoire
KENNEDY, Sean	Analyses en laboratoire
TRUDEAU, Suzanne	Analyses en laboratoire

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les nombreuses personnes qui ont facilité nos travaux sur le terrain. L'aide de madame Monique Audette et de monsieur Charles Vincent de la ferme expérimentale d'Agriculture Canada à Frelighsburg est grandement appréciée. Nous remercions aussi les propriétaires des vergers privés à Frelighsburg et des fermes sur l'île d'Orléans pour nous avoir accordé la permission de travailler sur leur propriété.

Monsieur Laird Shutt du collège MacDonald à Sainte-Anne-de-Bellevue a partagé avec nous ses connaissances à propos de l'échantillonnage de sang chez les oiseaux. Le service de documentation du groupe d'évaluation des pesticides du Service canadien de la faune à Hull, sous la responsabilité de madame Karen Lloyd, nous a aidé dans les recherches bibliographiques. Monsieur Pierre Mineau, du même groupe, nous a aidé à la conception de l'étude.

Finalement, nous tenons à remercier madame France Marcoux pour avoir apporté plusieurs améliorations au texte.

TABLE DES MATIÈRES

	PAGE
RÉSUMÉ	iii
SUMMARY	iv
ÉQUIPE DE TRAVAIL	v
REMERCIEMENTS	vi
TABLE DES MATIERES	vii
LISTE DES FIGURES	x
LISTE DES TABLEAUX	xi

- - - - - - - - -

INTRODUCTION	1
1. CULTURES ET INSECTICIDES A L'ÉTUDE	2
1.1 Choix des cultures	2
1.1.1 Pommeraies	2
1.1.2 Champs de fraises	5
1.2 Choix des insecticides	5
1.2.1 Azinphos-méthyl (Guthion)	5
1.2.2 Malathion	11
1.2.3 Carbofuran (Furadan)	13
2. MÉTHODOLOGIE	15
2.1 Observations de mortalité	15
2.1.1 Recherche d'oiseaux morts	15
2.1.2 Recherche d'oeufs ou de jeunes morts au nid	15
2.2 Observations des effets physiologiques	16
2.2.1 Mesures pour déterminer l'indice de condition	16
2.2.2 Mesures de la croissance des jeunes au nid	16
2.2.3 Prélèvements de sang et de cerveaux	17
2.3 Observations des effets sur le comportement	19
2.3.1 Observations du comportement des oiseaux sur le terrain	19
2.3.2 Périodes d'observation d'alimentation au nid	19

TABLE DES MATIÈRES/SUITE

		PAGE
2.4	Effets sur la population	20
2.4.1	Recensement des nids	20
2.4.2	Recensement des territoires	21
2.4.3	Biomasse de nourriture disponible	21
3.	RÉSULTATS	23
3.1	Observations de mortalité	23
3.1.1	Mortalité observée chez les adultes	23
3.1.2	Mortalité des oeufs ou des jeunes au nid	23
3.2	Observations des effets physiologiques	26
3.2.1	Condition physique des adultes	26
3.2.2	Croissance des jeunes au nid	31
3.2.3	Inhibition de la cholinestérase	32
3.3	Observations des effets sur le comportement	40
3.3.1	Comportements anormaux observés sur le terrain	40
3.3.2	Nourrissage des jeunes au nid	40
3.4	Effets sur la population	41
3.4.1	Densité des nids	41
3.4.2	Distribution des territoires	45
3.4.3	Biomasse de nourriture disponible	46
3.5	Sommaire des résultats	46
4.	DISCUSSION ET ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX POUR LE CONTEXTE QUÉBÉCOIS	52
4.1	Azinphos-méthyl	52
4.1.1	Interprétation des résultats	52
4.1.2	Risques environnementaux de l'azinphos-méthyl	54
4.2	Malathion	54
4.3	Carbofuran	54
4.3.1	Interprétation des résultats	54
4.3.2	Risques environnementaux du carbofuran	55

TABLE DES MATIÈRES/SUITE

	PAGE
5. RECOMMANDATIONS	57
5.1 Choix de la culture et du pesticide	57
5.2 Choix des espèces	57
5.3 Choix des méthodes	57
CONCLUSION	59
BIBLIOGRAPHIE	60
ANNEXE 1 - Arrosages des aires d'étude	64
ANNEXE 2 - Phénologie, exposition aux pesticides et succès reproducteur des nids trouvés lors de l'étude	68
ANNEXE 3 - Avifaune des deux cultures à l'étude et les noms français, anglais et scientifiques des espèces d'oiseaux mentionnées dans le rapport	78
ANNEXE 4 - Données provenant des périodes d'observation de nourrissage au nid	89

LISTE DES FIGURES

		PAGE
Figure 1.	Localisation des sites d'étude à Frelighsburg, Québec	3
Figure 2.	Localisation des vergers de pommiers de la ferme expérimentale (VF) d'Agriculture Canada	4
Figure 3.	Le site d'étude à l'île d'Orléans	6
Figure 4.	Densité d'utilisation de l'azinphos-méthyl au Québec	9
Figure 5.	Densité d'utilisation du malathion au Québec	12
Figure 6.	Densité d'utilisation du carbofuran au Québec	14
Figure 7.	Indice de condition pour les principales espèces d'oiseaux des vergers de pommiers et des champs de fraises en fonction des applications d'insecticides	29
Figure 8.	Mesures du poids et du tarse des oisillons de Bruant chanteur	33
Figure 9.	Mesures du poids et du tarse des oisillons de Bruant familier dans les vergers de pommiers	34
Figure 10.	Nombre de visites au nid et longueur moyenne des proies rapportées par les couples de Bruant chanteur fréquentant les champs de fraises	42

LISTE DES TABLEAUX

		PAGE
Tableau 1.	Usages principaux de l'azinphos-méthyl, du carbofuran et du malathion au Québec	7
Tableau 2.	Tableaux de contingence servant à vérifier la relation entre les arrosages d'insecticides et la mortalité des oeufs	24
Tableau 3.	Tableaux de contingence servant à vérifier la relation entre les arrosages d'insecticides et la mortalité des jeunes	27
Tableau 4.	Activité de la cholinestérase des échantillons de sang provenant des merles d'Amérique récoltés dans les vergers de pommiers	35
Tableau 5.	Activité de la cholinestérase des échantillons de cervaux	38
Tableau 6.	Densité des nids dans les vergers de pommiers	43
Tableau 7.	Nombre d'invertébrés capturés en fonction des arrosages d'azinphos-méthyl (vergers de pommiers) ou de malathion (champs de fraises)	47
Tableau 8.	Synthèse des résultats	49

INTRODUCTION

On assiste au Québec à un usage croissant de pesticides (MENVIQ, 1986; Cossette, et al., 1988) qui soulève de plus en plus d'interrogations concernant les effets potentiels sur la faune avienne. Nos connaissances de l'impact sur les oiseaux de l'usage de pesticides sont inégales; il existe plusieurs recueils de données sur la toxicité en laboratoire (Hudson, et al., 1984; Smith, 1987), mais relativement peu d'études concernant l'impact sur les oiseaux en milieu naturel.

La présente étude a pour but l'amélioration des connaissances concernant les risques environnementaux pour la faune avienne de trois insecticides utilisés au Québec. Les produits à l'étude sont l'azinphos-méthyl, le malathion et le carbofuran, insecticides appliqués sur les cultures de la fraise et de la pomme. Différentes méthodes furent essayées sur le terrain afin d'atteindre ce but.

En premier lieu, une justification des choix d'insecticides et de cultures est présentée ainsi qu'une description des sites d'étude. Également, il y a lieu de décrire l'état actuel de l'usage de ces pesticides au Québec et leur écotoxicologie. Ensuite, les méthodes utilisées sont décrites en détail ainsi que les résultats obtenus. L'interprétation des résultats permet d'évaluer les risques environnementaux pour le contexte québécois en ce qui concerne les insecticides et les cultures étudiés. Finalement, quelques recommandations concernant les méthodes utilisées lors des travaux sur le terrain sont émises.

1. CULTURES ET INSECTICIDES A L'ÉTUDE

1.1 CHOIX DES CULTURES

Le choix des cultures à étudier s'est fait en tenant compte de plusieurs facteurs: l'importance de la culture au Québec, la toxicité des pesticides normalement employés, la disponibilité de sites d'étude et la présence d'une population d'oiseaux potentiellement à risque. Après une consultation de la littérature (Cossette, et al., 1988) et de spécialistes appropriés, le choix s'est arrêté aux cultures de la pomme et de la fraise.

Les trois principaux insecticides utilisés sur ces cultures sont reconnus comme des produits préoccupants pour l'environnement au Québec (Cossette, et al., 1988). Dans le cas des pommeraies, il s'agit de l'azinphos-méthyl et dans le cas des fraiseraies, il s'agit du malathion et du carbofuran.

Deux aires d'étude furent établies: une à Frelighsburg pour la culture des pommes et l'autre à l'île d'Orléans pour la culture des fraises. Les aires d'étude sont localisées aux figures 4 à 6.

1.1.1 POMMERAIES

Localisé à 75 km au sud-est de Montréal et à peine à 1 km de l'état du Vermont, Frelighsburg (figure 1) présentait l'avantage de nous donner accès à des vergers non arrosés, peu arrosés et arrosés conventionnellement. Les vergers VR (2 ha) et VL (2,6 ha) n'ont reçu aucun traitement de pesticides. Les propriétaires y récoltent des pommes mais à des fins non commerciales. Le verger VM (24,1 ha) est un verger commercial qui est arrosé de pesticides de façon conventionnelle.

Le quatrième verger étudié, dénommé VF, se réfère à un ensemble de vergers (15,9 ha au total) de la ferme expérimentale d'Agriculture Canada (figure 2). A cause des expériences scientifiques en cours à cet endroit, les vergers de la ferme sont répartis entre plusieurs parcelles, toutes sujettes à des régimes d'arrosages différents. Toutes les parcelles furent traitées aux fongicides mais, alors que quelques unes n'ont reçu aucun traitement d'insecticides, d'autres parcelles furent traitées à plus d'une reprise. Ces dernières furent toutefois arrosées moins souvent que le verger commercial VM. Les noms des parcelles sont indiqués à la figure 2. Une liste complète de tous les pesticides utilisés dans les vergers à Frelighsburg se retrouve à l'annexe 1.

1.1.2 CHAMPS DE FRAISES

L'aire d'étude sur l'île d'Orléans (figure 3) était constituée d'un ensemble de champs consacrés à une variété de cultures. Tous les pesticides employés sur ces champs sont répertoriés à la figure 3; des informations supplémentaires se trouvent à l'annexe 1.

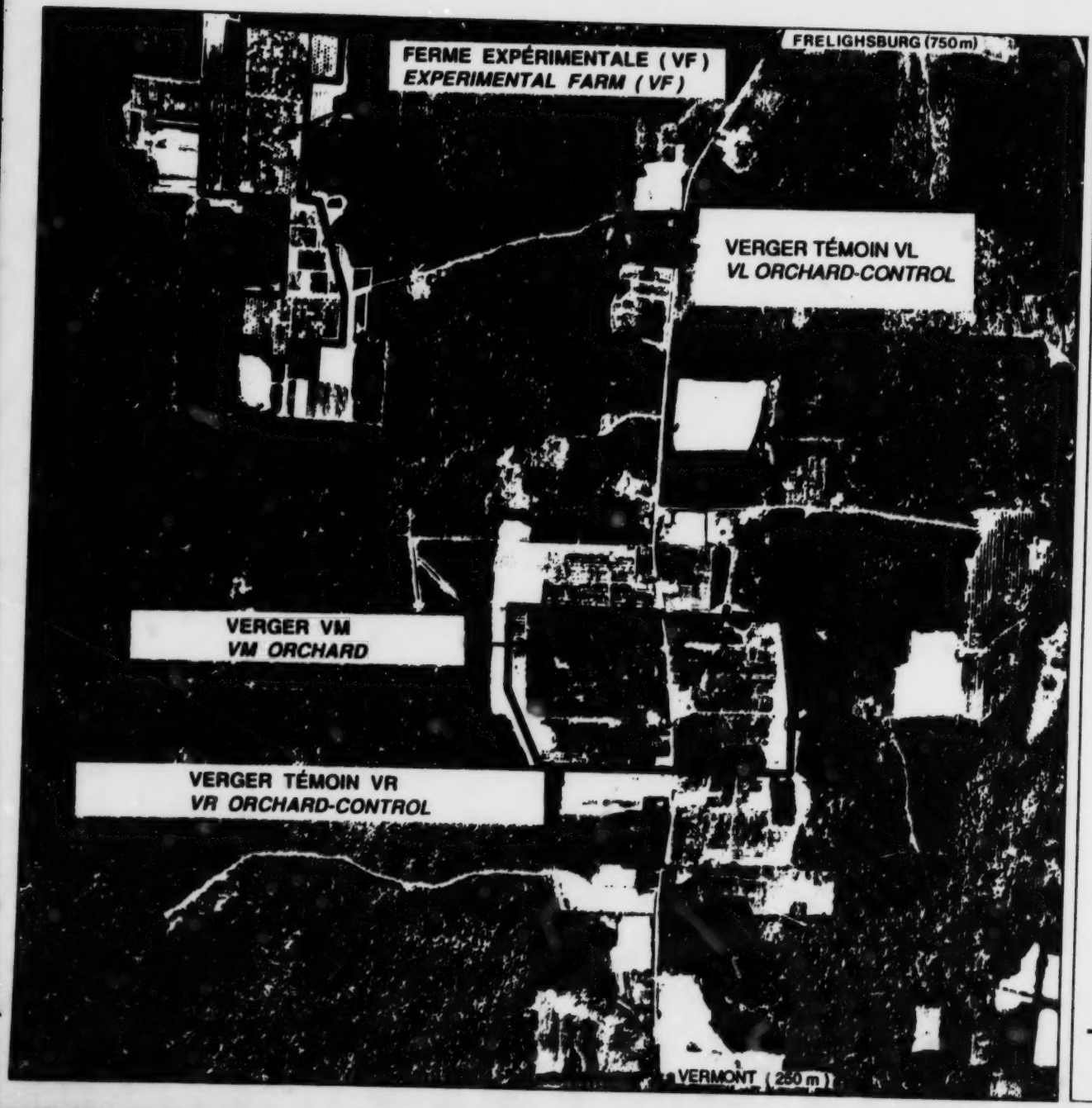


Figure 1

LOCALISATION DES SITES D'ÉTUDE À FRELIGHSBURG, QUÉBEC

LOCATION OF THE STUDY AREAS AT FRELIGHSBURG, QUÉBEC

N

ÉCHELLE / *SCALE*

0 250 500 m

SAGE

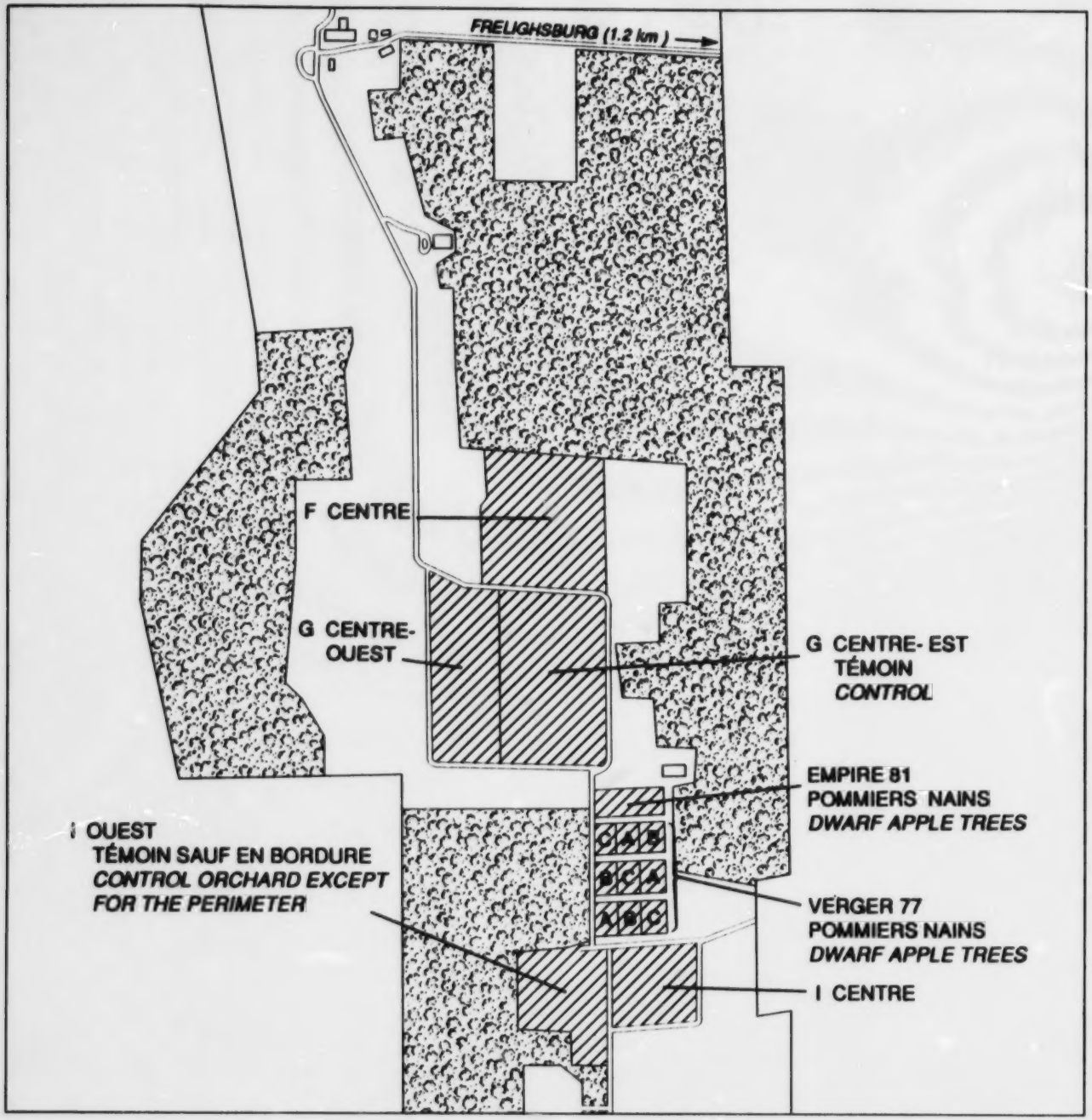


Figure 2

LOCALISATION DES VERGERS DE POMMIERS DE LA FERME EXPÉRIMENTALE (VF) D'AGRICULTURE CANADA

LOCATION OF THE APPLE ORCHARDS OF AGRICULTURE CANADA'S EXPERIMENTAL FARM (VF)

LÉGENDE / *LEGEND*

ZONE BOISÉE
WOODED AREA

VERGER DE POMMIERS
APPLE ORCHARD

N

ÉCHELLE / *SCALE*

0 250 500 m

SAGE

Il y avait aussi un site témoin (non cartographié) localisé à 2 km à l'est des champs montrés à la figure 3; à ce site, les quelques champs de fraises de première année n'ont reçu aucun traitement d'insecticide. La majeure partie du travail sur le terrain a été effectuée aux alentours des champs localisés à la figure 3.

1.2 CHOIX DES INSECTICIDES

Bien que soit incluse en annexe la liste complète de tous les pesticides appliqués lors de l'étude, l'on se concentrera surtout sur les effets potentiels des trois insecticides employés. De façon générale, les herbicides et fongicides sont beaucoup moins toxiques pour les oiseaux que les insecticides (Brown, 1978).

Il sera d'intérêt ici de passer rapidement en revue l'importance de ces pesticides sur la scène québécoise ainsi que l'écotoxicologie de chaque produit.

Selon une enquête récente auprès des agriculteurs québécois (Boudier, 1988), les trois insecticides sont utilisés sur 29 cultures au Québec (tableau 1). Boudier (1988) a présenté les données séparément pour les agriculteurs conventionnels et ceux pratiquant la lutte intégrée mais ils sont combinés ici à cause du peu de différences entre les deux groupes. Seules les 14 cultures où l'usage d'un des trois insecticides est important sont incluses au tableaux: celles pour lesquelles au moins deux agriculteurs (dans un ou l'autre des deux groupes) utilisent le produit.

1.2.1 AZINPHOS-MÉTHYL (GUTHION)

L'azinphos-méthyl est un insecticide de contact à large spectre du groupe des organo-phosphorés. La figure 4 (Cossette, et al., 1988) montre la densité relative d'utilisation par bassin versant ainsi que les cultures au Québec où l'azinphos-méthyl est couramment utilisé. Parmi celles-ci, c'est surtout les cultures de la pomme, de la pomme de terre et des fraises ou le produit est fortement utilisé (tableau 1).

La formulation utilisée dans les pommeraies est Guthion-50W, un poudre mouillable à une concentration de 50%. L'application, sur le feuillage des pommiers, se fait à l'aide d'un pulvérisateur pneumatique. Les taux d'application dans les vergers de pommiers étudiés étaient de 1,75 à 2,25 kg/ha. Plusieurs espèces d'insectes nuisibles sont visées dont les plus importantes sont la Punaise terne, le Charançon et la Mouche de la pomme.

Ce produit est considéré hautement persistant dans l'environnement. La demi-vie dans les vergers peut être de 2,6 à 6,3 jours mais d'autres études ont indiqué une activité résiduelle pour une période allant jusqu'à trois semaines ou plus (Smith, 1987). Son niveau de bioconcentration théorique est plutôt bas mais il est hautement réactif avec la cholinestérase et le taux de déphosphorylation est bas.

On s'attendait à ce que la voie d'exposition des oiseaux soit principalement par ingestion de proies contaminées étant donné la persistance de ce produit dans l'environnement. L'exposition dermale aurait aussi une importance à cause de sa toxicité élevée et le moyen d'application utilisé.

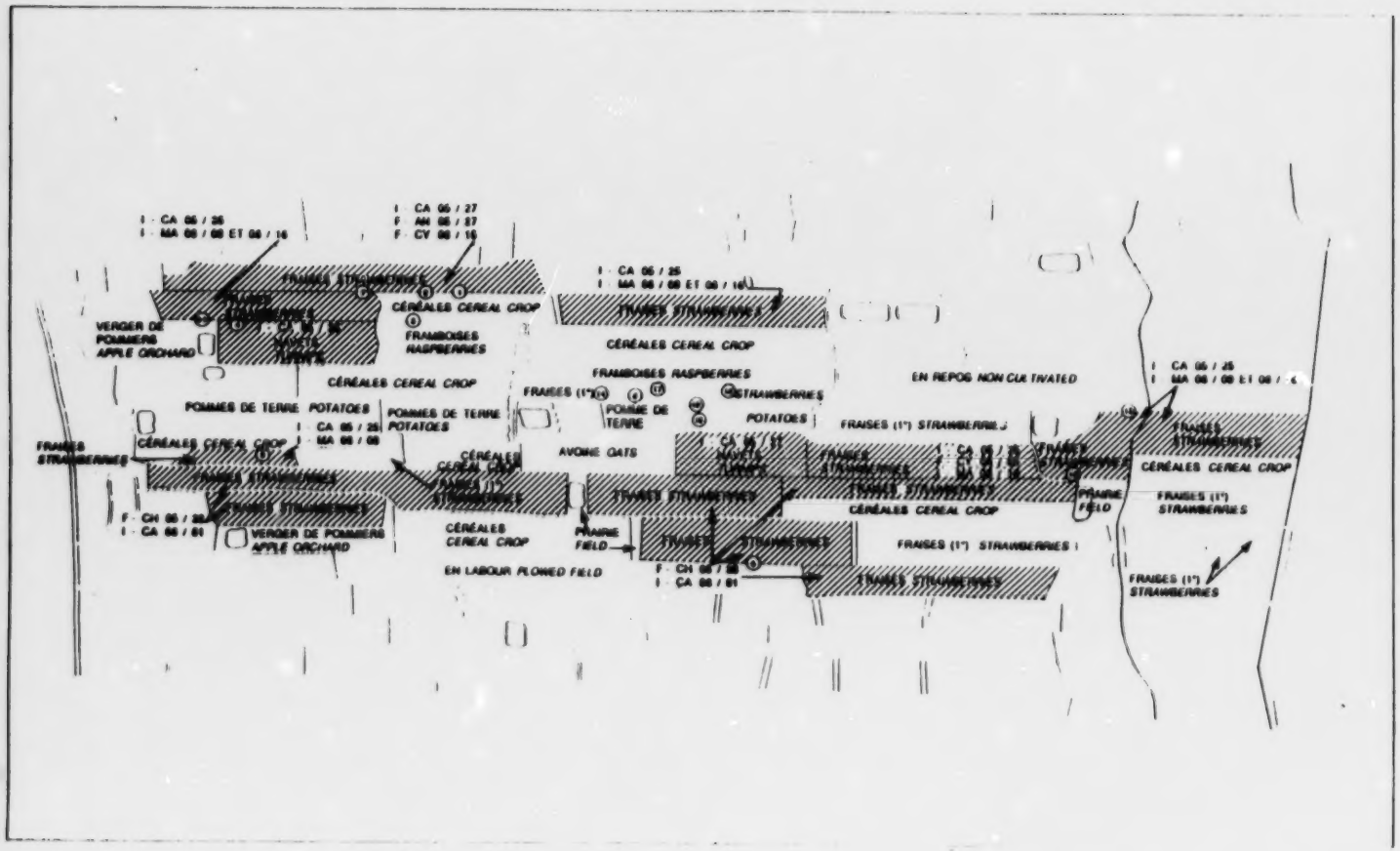


FIGURE 3

LE SITE D'ÉTUDE À L'ÎLE D'ORLÉANS
THE STUDY SITE AT ÎLE D'ORLÉANS

LÉGENDE *LEGEND*

	CHAMP ARROSÉ AVEC UN PESTICIDE *FIELD SPRAYED WITH A PESTICIDE*
F : CY	FONGICIDE CYPERMÉTHRINE *FUNGICIDE CYPERMETHRIN*
F : AN	FONGICIDE ANILAZINE *FUNGICIDE ANILAZINE*
F : CH	FONGICIDE CHLOROTHALONIL *FUNGICIDE CHLOROTHALONIL*
I : CA	INSECTICIDE CARBOFURANE *INSECTICIDE CARBOFURAN*
I : MA	INSECTICIDE MALATHION *INSECTICIDE MALATHION*
(1)	NID D'OISEAU (VOIR LE TEXTE POUR LA LISTE COMPLÈTE) *BIRD NEST SEE TEXT FOR THE COMPLETE LIST*
FRAISE (1°)	CHAMP DE FRAISES DE PREMIÈRE ANNÉE *ONE YEAR OLD STRAWBERRIES*

ÉCHELLE / SCALE

SAGE

Tableau 1. USAGES PRINCIPAUX DE L'AZINPHOS-MÉTHYL, DU CARBOFURAN ET DU MALATHION AU QUÉBEC*

CULTURES	INSECTICIDES		
	AZINPHOS-MÉTHYL	MALATHION	CARBOFURAN
Betterave		1,9 (2)	
Carotte		2,9 (3)	
Céleri		3,8 (4)	
Chou	5,6 (10)	1,9 (2)	4,8 (5)
Concombre	1,1 (2)		
Fraise	17,3 (31)	28,8 (30)	23,1 (24)
Framboise	8,9 (16)	16,3 (17)	4,8 (5)
Laitue		16,3 (17)	
Maïs grain			4,8 (5)
Maïs sucré	2,2 (4)		29,8 (31)
Oignon	1,1 (2)	1,9 (2)	
Pomme de terre	12,3 (22)		5,8 (6)
Pomme	43,6 (78)	8,7 (9)	3,8 (4)
Rutabaga			12,5 (13)

* Les valeurs sont des pourcentages du nombre d'agriculteurs (conventionnels et ceux pratiquant la lutte intégrée) utilisant le produit, et le chiffre entre parenthèses est le nombre réel l'utilisant.

Source: Boudier, 1988.

Table 1. PRINCIPAL USES OF AZINPHOS-METHYL, CARBOFURAN AND MALATHION IN QUEBEC*

CROPS	INSECTICIDES		
	AZINPHOS-METHYL	MALATHION	CARBOFURAN
Beet		1,9 (2)	
Carrot		2,9 (3)	
Celery		3,8 (4)	
Cabbage	5,6 (10)	1,9 (2)	4,8 (5)
Cucumber	1,1 (2)		
Strawberry	17,3 (31)	28,8 (30)	23,1 (24)
Raspberry	8,9 (16)	16,3 (17)	4,8 (5)
Lettuce		16,3 (17)	
Corn (grain)			4,8 (5)
Corn	2,2 (4)		29,8 (31)
Onion	1,1 (2)	1,9 (2)	
Potato	12,3 (22)		5,8 (6)
Apple	43,6 (78)	8,7 (9)	3,8 (4)
Rutabaga			12,5 (13)

* The values are the percentages of the number of farmers (conventional and integrated approaches) that use the product and the value in parentheses is the real number of users.

Source: Boudier, 1988.

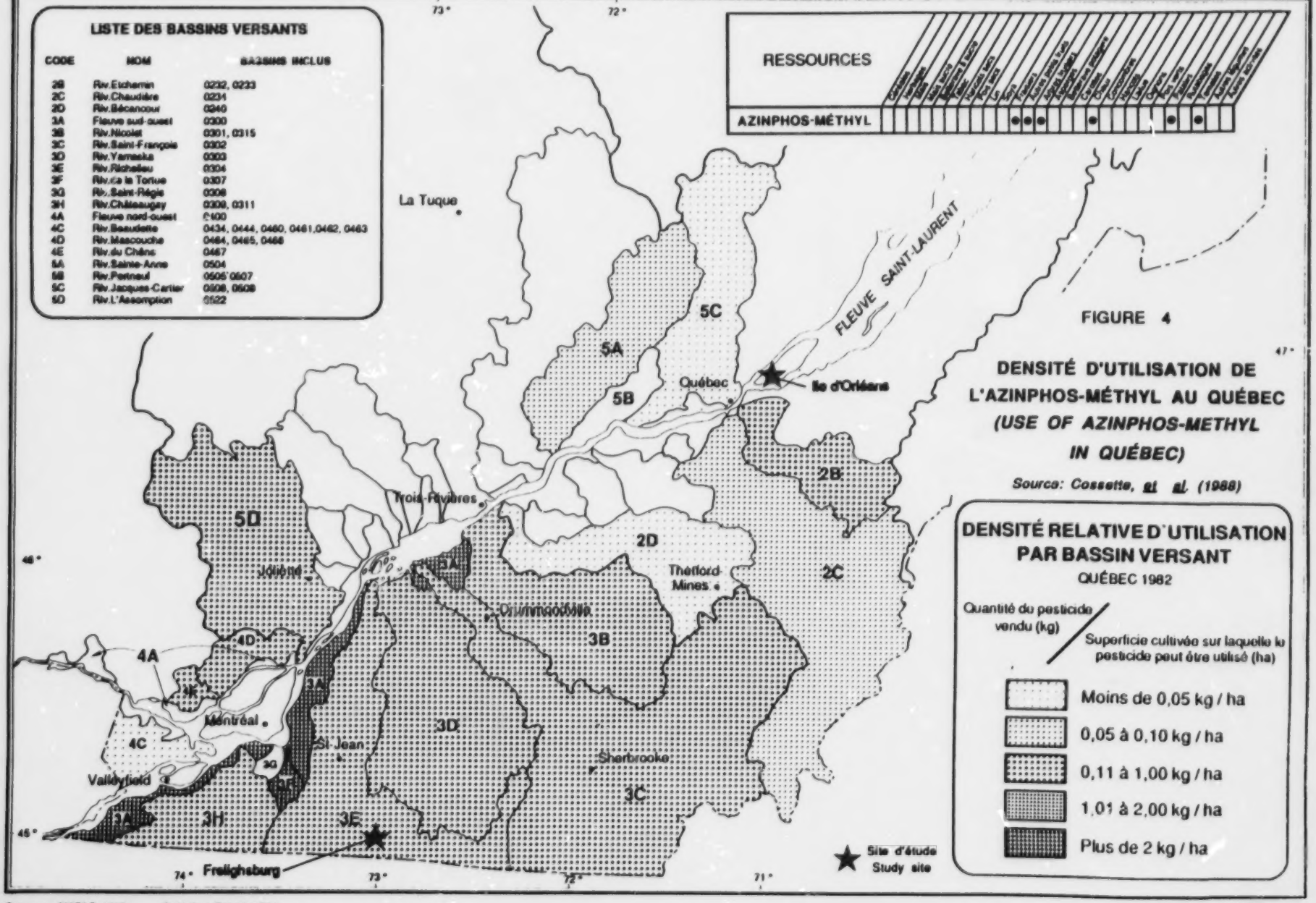


FIGURE 4

DENSITÉ D'UTILISATION DE L'AZINPHOS-MÉTHYL AU QUÉBEC *(USE OF AZINPHOS-METHYL IN QUÉBEC)*

Source: Cossette, et al. (1988)

Sources - MAPAQ, 1986 - Statistique Canada 1981
- Env. Canada, 1982 - Comm. pers. 1988 : MAPAQ, Agriculture Canada M.E.R.

ÉCOTOXICOLOGIE

Le mode d'action principal des organo-phosphorés, incluant l'azinphos-méthyl et le malathion, est la phosphorylation non réversible de l'enzyme acétylcholinestérase (O'Brien, 1976). L'acétylcholine s'accumule entre les synapses et rend inopérante la transmission d'impulsions nerveuses. Comparativement aux insecticides organochlorés, comme le DDT, ce groupe d'insecticides est beaucoup plus toxique pour la faune sauvage mais moins persistant dans l'environnement.

Grue, et al., (1986), dans leur revue des impacts des insecticides organophosphorés sur les oiseaux, ont trouvé 26 rapports de mortalité involontaire de la faune vertébrée en Amérique du Nord (et 27 ailleurs dans le monde) attribuables aux organo-phosphorés. Aucun de ces rapports n'implique l'azinphos-méthyl ni le malathion.

L'azinphos-méthyl est reconnu comme un produit préoccupant pour l'environnement au Québec surtout à cause de sa toxicité potentielle (Cossette, et al., 1988). Parmi 40 pesticides retenus, l'azinphos-méthyl ne se classe pas parmi les dix produits les plus toxiques pour le Canard colvert, mais le deuxième en toxicité pour la truite et le cinquième pour le rat.

Smith (1987) résume les résultats de cinq études toxicologiques et cite, pour l'azinphos-méthyl, des valeurs de DL50 pour six espèces d'oiseaux variant de 8,5 à 283,0 mg/kg (Canard colvert, Faisan de chasse, Perdrix choukar, Colin de Virginie, Étourneau sansonnet et Carouge à épaulettes). Des études en laboratoire ont démontré des réductions de croissance et des effets sur la production des oeufs. Smith (1987) le considère extrêmement toxique (DL50 40 mg/kg) et le Chemical and Pharmaceutical Press (1987) le considère toxique pour les oiseaux.

Dans une des quelques études sur le terrain (Zorb et Black, 1965; citée en Smith, 1987), des Faisans de chasse ont été exposés à diverses concentrations d'azinphos-méthyl. Aucun signe d'empoisonnement ne fut noté. Lors d'autres études semblables (données non publiées citées dans Anderson, et al., 1974), des Colins de Virginie, restreints à une cage dans un verger de pommiers, furent arrosés à l'azinphos-méthyl plusieurs fois dans une saison sans qu'aucun effet ne soit observé. Des Tourterelles tristes résidentes ont apparemment, elles aussi, échappées à tout effet. Putera, et al. (1985) ont étudié une population de Tourterelles tristes dans un verger qui fut régulièrement arrosé avec une combinaison d'azinphos-méthyl et un fongicide. L'effet des pesticides n'a pas été évalué en soit mais ils ont remarqué qu'il n'y avait pas d'évidence directe liant les pesticides à un problème reproducteur quelconque.

Johnson, et al. (1976) ont étudié une population de Merles d'Amérique dans une pommeraie régulièrement arrosée avec une variété d'insecticides dont l'azinphos-méthyl. Les auteurs, suite à leur étude qui a duré trois étés, ont conclu qu'il n'y avait aucun effet attribuable aux pesticides. De fait, le succès reproducteur des Merles d'Amérique nichant à l'intérieur du verger fut considéré normal.

En somme, Smith (1987) conclut qu'il ne semble pas y avoir d'évidence que l'azinphos-méthyl ait déjà causé de problème pour la faune. Toutefois, selon cet auteur, sa toxicité élevée en laboratoire soulève la possibilité que l'impact sur la faune n'ait tout simplement pas encore été complètement documenté.

1.2.2 MALATHION

Le malathion est un insecticide et acaracide non systémique à large spectre. Il fait partie du groupe des organo-phosphorés. La formulation utilisée pour la culture des fraises est le Malathion-25W, un poudre mouillable d'une concentration de 25%. L'application se fait au moyen d'un pulvérisateur à rampe et vise surtout la Tordeuse du fraisier et les pucerons.

Sa densité relative d'utilisation au Québec est indiquée à la figure 5. Sur la culture des fraises il est appliqué à un taux d'approximativement 4,0kg/ha. Le malathion est surtout utilisé sur les cultures des fraises, des framboises et de la laitue (tableau 1).

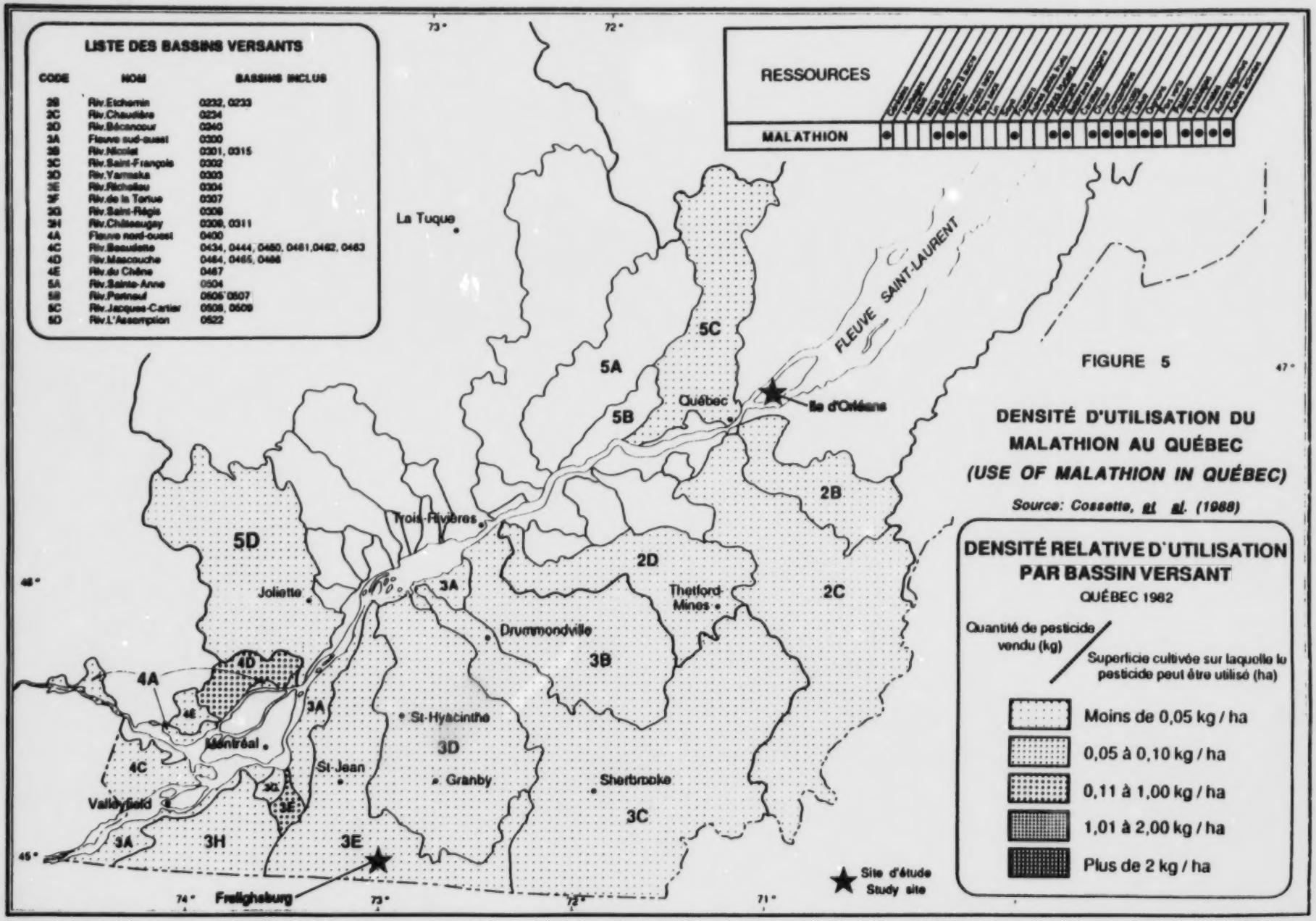
Le niveau théorique de bioconcentration est bas et il est considéré peu persistant dans l'environnement (Smith, 1987). Le malathion se dégrade rapidement dans le sol et des pertes de 50 à 90% à l'intérieur de 24 heures sont rapportées. L'absorption dermale serait probablement presque aussi importante que l'ingestion comme voie d'exposition pour les oiseaux à cause du bas niveau de persistance et de bioconcentration du produit.

ÉCOTOXICOLOGIE

Cossette, et al. (1988) ont retenu le malathion parmi les 40 produits prioritaires au Québec, surtout à cause de son potentiel cancérigène pour l'homme et parce qu'il serait une source de contamination de l'eau en milieu agricole. Il ne se classe pas parmi les 10 produits les plus toxiques pour le Canard colvert, la truite ou le rat.

En se basant sur les résultats de plusieurs études en laboratoire, Smith (1987) considère le malathion modérément toxique (DL50 201-1000 mg/kg). Selon Brown (1978) le malathion est probablement l'organo-phosphoré le plus sécuritaire pour les oiseaux.

Aucun effet ne fut observé sur les oiseaux sauvages ou en cage exposés au malathion dans la majorité des quelques études sur le terrain (Black et Zorb, 1967; Giles, 1970; Parsons et Davis, 1971; Hill, et al., 1971). Toutefois, McEwen (1982) a apparemment noté une réduction du nombre d'oiseaux sous certaines conditions (étude non consultée). Hunt et Keith (1963) ont noté un déclin à long terme d'une population d'oiseaux exposée au malathion mais ils ont attribué cet effet à une réduction dans la disponibilité de proies plutôt qu'à un effet direct de l'insecticide (Hill, et al., 1971). Finalement, selon McEwen et Brown (1966), le malathion aurait pu causer des anomalies comportementales chez des Gélinottes à queue fine.


LISTE DES BASSINS VERSANTS
CODE NOM BASSINS INCLUS
2B Riv.Etchemin 0232, 0233
2C Riv.Chaudière 0234
2D Riv.Bécancour 0240
3A Fleuve sud-ouest 0300
3B Riv.Nicolet 0301, 0315
3C Riv.Saint-François 0302
3D Riv.Yamaska 0303
3E Riv.Richelieu 0304
3F Riv.de la Tortue 0307
3G Riv.Saint-Régis 0308
3H Riv.Châteauguay 0309, 0311
4A Fleuve nord-ouest 0400
4C Riv.Beaudette 0434, 0444, 0460, 0461,0462, 0463
4D Riv.Mascouche 0464, 0465, 0466
4E Riv.du Chêne 0467
5A Riv.Sainte-Anne 0504
5B Riv.Portneuf 0506 0507
5C Riv.Jacques-Cartier 0508, 0509
5D Riv.L'Assomption 0522
RESSOURCES
MALATHION
Cartier
Hemmingford
Valleyfield
Saint-Hyacinthe
Beauharnois
Farnham
Granby
Rougemont
Iberville
La Prairie
Sorel
Joliette
Repentigny
Mascouche
Montréal-Est
Montréal-Ouest
Lachine
Pointe-Claire
Dorval
Ste-Anne-de-Bellevue
Vaudreuil
Hudson
Rigaud
Pincourt
Huntingdon
Coteau-du-Lac
Les Cèdres
Pierrefonds
Roxboro
Kirkland
Lasalle
Verdun
Lachine
Dollard-des-Ormeaux
Pointe-aux-Trembles
Montréal-Est
Anjou
Rivière-des-Prairies
Montréal-Nord
Saint-Léonard
Ville d'Anjou
Saint-Michel
Montréal-Nord
Rivière-des-Prairies
Pointe-aux-Trembles
Montréal-Est
Anjou

1.2.3 CARBOFURAN (FURADAN)

Le carbofuran, un carbamate, est un insecticide systémique et de contact. On vise surtout le contrôle du charançon sur les champs de fraises; la formulation employée est Furadan 4.8F, une pâte fluide mélangée à de l'eau pour former une bouillie. Il est appliqué à l'aide d'un pulvérisateur à rampe. Sur les fraises il est appliqué au taux de 0,5 l/ha.

La figure 6 montre le patron de son utilisation au Québec. Dans la province, le carbofuran est surtout utilisé pour les cultures des fraises, du maïs sucré et du ratabaga (tableau 1).

Cet insecticide est considéré modérément persistant avec une demi-vie dans le sol de 2 à 50 semaines (Smith, 1987). Son potentiel théorique de bioconcentration est bas. Le carbofuran est un puissant inhibiteur de cholinestérase.

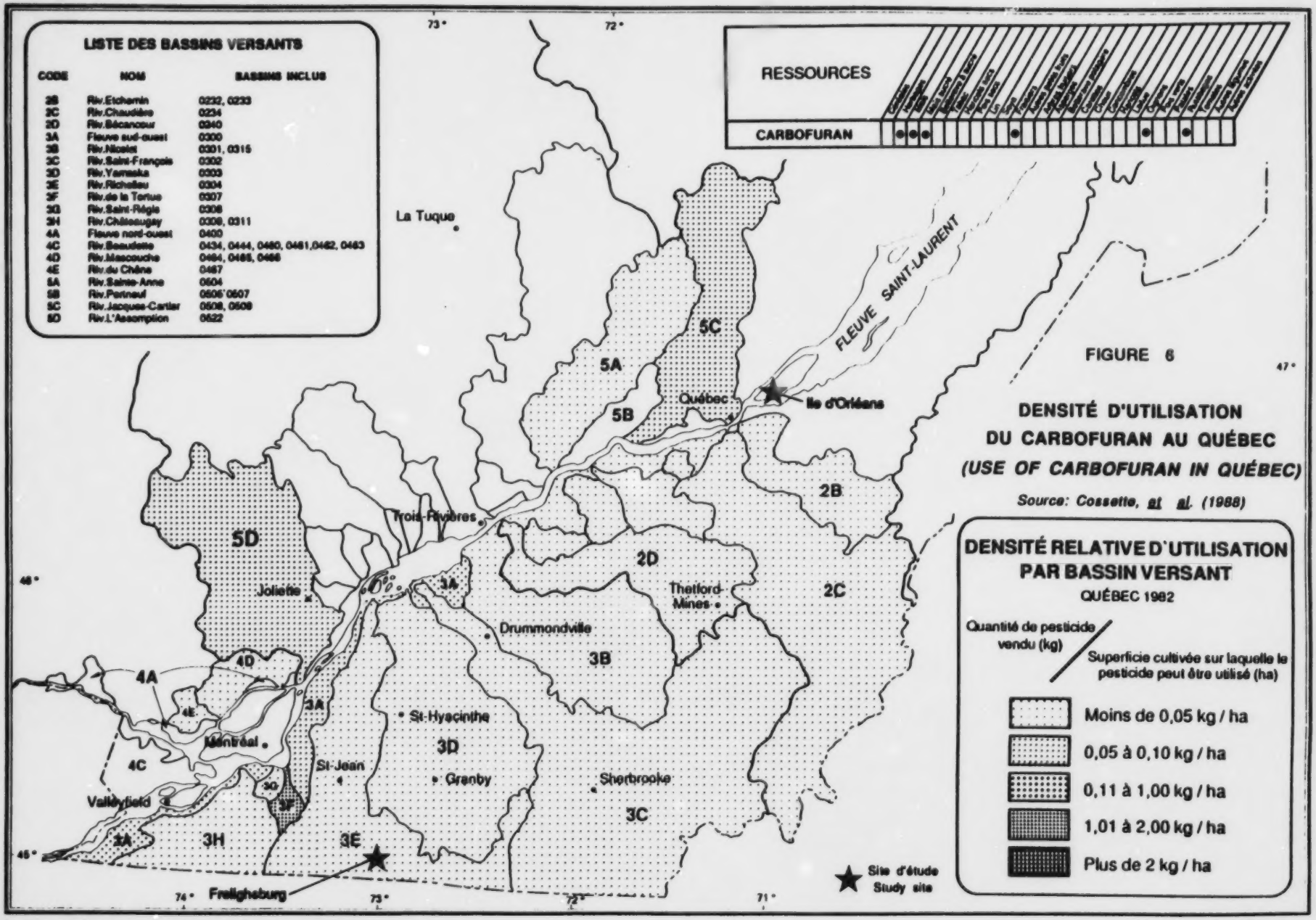
ÉCOTOXICOLOGIE

Les insecticides du groupe des carbamates, dont le carbofuran, sont généralement caractérisés par une toxicité aiguë pour les oiseaux (Brown, 1978). Ces insecticides ont un mode d'action très semblable aux organo-phosphorés mais l'inhibition de la cholinestérase s'accomplit par une carbylation de l'enzyme (O'Brien, 1976). Contrairement au cas de phosphorylation, la carbylation est souvent réversible expliquant ainsi la toxicité chronique plutôt basse de ces produits.

Le carbofuran est classé comme le produit le plus toxique pour le Canard colvert parmi la quarantaine de produits importants au Québec (Cossette, et al., 1988). Il se classe également parmi les 10 plus toxiques pour le rat. Son potentiel cancérigène pour l'homme est une autre préoccupation.

Smith (1987) considère le carbofuran extrêmement toxique (DL50 40 mg/kg). Cossette, et al. (1988) l'ont placé à la tête de la liste des produits toxiques pour le Canard colvert. Une excellente source d'information sur le carbofuran est le rapport du Conseil National de Recherches du Canada (C.N.R.C., 1980) concernant l'effet du carbofuran sur l'environnement. Le rapport note huit cas de mortalité d'oiseaux en Amérique du Nord imputables au carbofuran. Ces cas impliquaient uniquement la sauvagine et le plus souvent étaient attribuables à la consommation de carbofuran sous forme granulaire. Smith (1987) signale plusieurs autres cas de mortalité d'oiseaux.

Smith (1987) conclut que, même pour les taux d'application recommandés, le carbofuran peut causer une mortalité de la faune. Les facteurs qui en sont responsables sont sa haute toxicité, sa persistance modérée et la toxicité de certains de ses produits de dégradation. Il n'existe que peu d'information concernant les effets sur les oiseaux autres que pour la mortalité directe.



Sources : MAPAQ, 1985 - Statistique Canada 1981
- Env. Canada, 1982 - Comm. pers. 1988 : MAPAQ, Agriculture Canada M.E.R.

Sage

2. *MÉTHODOLOGIE*

Il y a peu de différences méthodologiques entre les travaux effectués dans les vergers de pommiers et ceux effectués dans les champs de fraises. Nous allons donc examiner ensemble les deux approches utilisées et, le cas échéant, décrire les différences pertinentes. Les méthodes se répartissent en quatre catégories: observations de mortalité, effets physiologiques, effets comportementaux et effets au niveau de la population.

2.1 OBSERVATIONS DE MORTALITÉ

2.1.1 RECHERCHE D'OISEAUX MORTS

La recherche d'oiseaux morts fait souvent partie des études sur les impacts de l'usage de pesticides en milieu agricole. Un tel impact est, sans contredit, la meilleure évidence qu'un pesticide donné affecte les oiseaux mais l'interprétation de ces données comporte plusieurs problèmes. Mineau et Collins (1988) discutent en détail les avantages et désavantages de cette approche.

La méthode préconisée dans la présente étude favorise davantage l'étude des effets sub-léthaux plutôt qu'un grand effort de recherche de cadavres. Mais, même si la recherche systématique d'oiseaux morts ne faisait pas partie du protocole, les observateurs devaient rapporter tout cadavre d'oiseau dont la mort aurait pu être imputable aux pesticides. Puisque les observateurs furent à plusieurs reprises présents sur le terrain pendant ou immédiatement après les arrosages, on est confiant d'avoir été en mesure de noter toute mortalité importante.

2.1.2 RECHERCHE D'OEUFS OU DE JEUNES MORTS AU NID

Les jeunes au nid sont des sujets particulièrement intéressants à étudier pour les raisons suivantes:

- Ils sont plus susceptibles que les adultes d'entrer en contact direct avec un pesticide puisque normalement les adultes s'absentent du nid lors de la période d'arrosage. Il est à noter toutefois qu'une étude a démontré que les Tourterelles tristes qui couvent les jeunes restent sur le nid même lors des arrosages directs (Putera, et al., 1985).

- Ils sont presque à 100% insectivores à ce stade de leur vie et donc pourraient être plus sensibles que les adultes au problème de la présence de pesticides dans les invertébrés.

- Les embryons et les jeunes peuvent être particulièrement sensibles aux pesticides (Hoffman et Eastin, 1981; Grue et al., 1986).

Une partie importante de chaque journée fut consacrée à la recherche de nids et à un suivi systématique d'eux. Puisqu'en même temps nous avons documenté l'exposition du nid aux pesticides, on sera en mesure d'examiner la relation entre l'usage de pesticides et la mortalité d'oeufs ou de jeunes au nid.

Nous avons visité quotidiennement l'emplacement des nids à partir de la date de la découverte. La durée d'observation était aussi courte que possible à moins que la visite n'ait aussi eu pour but la prise de mesures de croissance. Lorsque la date de la ponte était connue, on évitait par la suite de perturber inutilement les adultes pendant la couvaison.

Le nombre d'oeufs, la présence d'oeufs stériles, le nombre de jeunes et toute indication d'échec ou de réussite ont été notés à chacune des visites. Tous les nids trouvés furent suivis, à l'exception de ceux des espèces nidifuges comme par exemple, la Maubèche branle-queue.

On a trouvé 55 nids dans les pommeraies. Les principales espèces sont: le Bruant familier (11), le Merle d'Amérique (9), le Bruant chanteur (6), le Tyrant tritri (5), le Jaseur des cèdres (5), le Merle-bleu de l'Est (3) et la Tourterelle triste (3). Dans les champs de fraises, 19 nids furent trouvés, dont ceux des espèces suivantes: le Bruant chanteur (8 nids), le Bruant vespéral (5) et le Bruant des prés (2).

2.2 OBSERVATIONS DES EFFETS PHYSIOLOGIQUES

2.2.1 MESURES POUR DÉTERMINER L'INDICE DE CONDITION

Une réduction du poids chez les oiseaux adultes, provoquée par l'anorexie, est un des effets escomptés de plusieurs insecticides. Un tel effet a été documenté pour certains organo-phosphorés en laboratoire (Grue, et al., 1986). De plus, si l'arrosage réduit de façon significative la quantité de proies disponibles, on peut s'attendre à ce que la condition physique des adultes se détériore. Une perte de poids, possiblement attribuable à la réduction de la disponibilité de proies, fut observée chez le Quiscale bronzé suivant une exposition aux organo-phosphorés (Grue, 1982).

La condition physique des adultes a été évaluée dans cette étude en utilisant un indice de condition. La mesure du poids seule n'offre pas une bonne évaluation de la condition d'un adulte à cause de la variabilité normale de la taille entre individus. Un meilleur indice de condition s'obtient en divisant le poids par une mesure corporelle. Suivant les recommandations de Johnson, et al. (1985), notre indice de condition est calculé en divisant le poids par la longueur du tarse. L'utilisation d'un indice de condition semble être une méthode peu utilisée dans les études sur l'effet d'un pesticide.

La capture d'oiseaux adultes a été effectuée à l'aide de filets japonais. Le poids de l'oiseau et la longueur du tarse ont été pris pour chaque individu capturé. Les oiseaux ont été marqués à l'aide d'une bague en aluminium du United States Fish and Wildlife Service. A Frelighsburg, 123 oiseaux furent bagués tandis que 36 l'ont été sur l'île d'Orléans. De plus, les individus des espèces pour lesquelles des nids étaient sous observation ont été marqués avec une bague en plastique de couleur.

2.2.2 MESURES DE LA CROISSANCE DES JEUNES AU NID

On a déjà vu, à la section 3.1.2, que les jeunes au nid représentent des sujets particulièrement intéressants à étudier. En l'absence de mortalité directe, il se peut qu'un pesticide agisse sur un oisillon en réduisant le taux de croissance ou le poids à l'âge de l'envol (Brisbin, et al., 1987; Zach

et Mayoh, 1986). Pearce et Busby (1980) pour le Bruant à gorge blanche et Powell et Gray (1980) pour l'Étourneau sansonnet ont relevé de tels effets en milieu naturel. Un poids anormalement bas au moment de l'envol ou une période plus prolongée au nid pourrait éventuellement entraîner une mortalité indirecte par suite de prédation ou d'une capacité réduite à trouver sa nourriture.

Seuls les nids des espèces les plus communes ont été choisis pour effectuer les mesures de croissance. Les espèces visées dans les vergers de pommiers étaient: le Bruant familier, le Bruant chanteur, le Merle d'Amérique et le Merle-bleu de l'Est. Les espèces retenues dans les vergers de pommiers sont le Bruant chanteur, le Bruant des prés et le Bruant vespéral.

A cause de leur sensibilité aux manipulations, les jeunes n'étaient mesurés qu'à partir de l'âge de trois jours, ou à partir de la découverte du nid dans le cas de jeunes plus âgés. Par la suite, les mesures furent normalement prises à tous les deux jours jusqu'au jour de l'envol ou jusqu'à l'abandon du nid dû à d'autres facteurs.

Selon Zach (1988), une variabilité de l'heure des visites au nid peut être la cause d'une variabilité importante des données de croissance. On a donc toujours effectué nos visites aux nids durant la même période de la journée, soit entre 16h00 et 18h30 pour les vergers de pommiers et entre 11h00 et 13h00 dans les champs de fraises.

Les jeunes étaient pesés et la longueur du tarse mesurée (incluant l'épaisseur du tibiotarse) lors de chaque visite au nid. La mesure a été effectuée avec un vernier d'une précision de 0,1 mm. Des balances de marque Pesola d'une capacité respective de 30 et 100 g furent employées pour les mesures de poids; les mesures ont une précision de 0,5 g.

Le marquage des jeunes a été initialement accompli en attachant un fil coloré autour d'une patte (Zach et Mayoh, 1986) mais parmi les inconvénients de cette technique, on peut citer la perte occasionnelle du fil et la difficulté de l'attacher. A sa place, le marquage du tarse avec un stylo feutre, suggéré par l'American Ornithologist's Union (1988), s'est avéré une méthode plus efficace. Les jeunes plus âgés ont été bagués.

2.2.3 PRÉLÈVEMENTS DE SANG ET DE CERVEAUX

Les insecticides du groupe des carbamates et des organo-phosphorés ont tous comme mode d'action physiologique l'inhibition de la cholinestérase. La mesure de l'inhibition de cette enzyme représente une des meilleures méthodes disponibles pour indiquer l'exposition d'un sujet à un de ces insecticides et joue un rôle de plus en plus important dans l'étude de leur écotoxicologie (Hill et Fleming, 1982; Grue, et al., 1986).

MÉTHODOLOGIE SUR LE TERRAIN

La méthodologie utilisée sur le terrain repose en grande partie sur les recommandations d'un document non publié et préparé pour les besoins spécifiques de cette étude par monsieur Sean Kennedy (1988) de la Division de recherche en toxicologie d'Environnement Canada à Ottawa. Nous avons aussi bénéficié d'une démonstration technique de la part de monsieur Laird Shutt du collège MacDonald à Sainte-Anne-de-Bellevue.

PRÉLÈVEMENTS D'ÉCHANTILLONS DE SANG

Compte tenu du matériel disponible et du volume de sang requis pour les analyses d'inhibition de la cholinestérase, l'extraction d'un échantillon de sang n'était pas réalisable sur un oiseau aussi petit qu'un bruant. L'échantillonnage a donc été restreint aux Merles d'Amérique. On a aussi effectué, sans problème, une prise de sang sur un Étourneau sansonnet et un Merle-bleu de l'Est dans le but de vérifier l'applicabilité de la technique à d'autres espèces. Faute d'espèces d'assez grande taille, aucun échantillonnage de sang n'a été effectué dans les champs de fraises.

Une lancette à usage unique fut utilisée pour piquer la veine brachiale suivi de l'usage de tubes capillaires héparinisés pour récolter le sang. Trois à quatre tubes capillaires ont été remplis pour chaque Merle d'Amérique, obturés avec un mastic en plastique de vinyle (Critoseal Tube Sealant) et réfrigérés.

Les oiseaux sont repartis au vol apparemment peu traumatisés par l'expérience. Quelques individus ont été revus subséquemment et nous croyons qu'il n'y a eu aucun effet à long terme dû à la prise de sang.

A l'intérieur d'une période d'au maximum deux heures, les tubes capillaires furent vidés dans un petit contenant plastique (de marque Oppendorf) et le sang centrifugé pendant 15 minutes à approximativement 1000 g. Les contenants plastiques ont été par la suite immédiatement congélés et gardés ainsi jusqu'à leur envoi au laboratoire. Cette méthode de préservation ne s'est pas avérée très efficace puisque le plasma s'est mêlé aux érythrocytes au moment de la cristallisation au congélateur.

Dix échantillons de sang de Merle d'Amérique, provenant uniquement des pommeraies, furent envoyés pour analyse. La moitié de ces échantillons a été récoltée à l'intérieur d'une période de 48 heures suivant un arrosage d'azinphos-méthyl. Les autres provenaient d'un verger témoin ou ont été récoltés plusieurs jours après un arrosage.

PRÉLÈVEMENTS DE CERVEAUX

Les cerveaux furent prélevés après un délai d'au maximum une ou deux heures après la mort de l'oiseau. Ils ont tous été congélés immédiatement et gardés ainsi jusqu'à leur envoi au laboratoire.

Un total de 29 cerveaux ont été retenus pour analyse. Sur un total de 9 en provenance des pommeraies, on compte deux cerveaux de Chardonnerets jaunes (un prélevé 45 heures après un arrosage à l'azinphos-méthyl et l'autre un témoin) et sept de Bruants chanteurs (tous les échantillons témoins).

Vingt cerveaux ont été prélévés dans les champs de fraises dont 10 de Bruants des prés, sept de Bruants chanteurs et trois de Bruants vespéraux. Neuf étaient des échantillons témoins tandis que les autres provennaient d'oiseaux capturés à l'intérieur d'une période de 24 heures suivant un arrosage au malathion.

MÉTHODOLOGIE D'ANALYSES EN LABORATOIRE

La détermination de l'activité de la cholinestérase suivit la méthode de Ellman, et al. (1961) modifiée par Hill et Fleming (1982). La réactivation de la cholinestérase, utilisant les techniques 2-PAM et de filtration gel (Martin, et al., 1981), s'est faite selon le protocole développé par la Division de recherche en toxicologie d'Environnement Canada à Ottawa.

2.3 OBSERVATIONS DES EFFETS SUR LE COMPORTEMENT

2.3.1 OBSERVATIONS DU COMPORTEMENT DES OISEAUX SUR LE TERRAIN

Plusieurs études ont montré que les insecticides organo-phosphorés peuvent être à la source de comportements anormaux chez les vertébrés. Les anomalies touchent l'émission des chants (Grue et Shipley, 1981), la vigilance (Levin et Rodnitzky, 1976) ou les comportements alimentaires (Adams, 1977). D'autres exemples sont cités par Grue, et al. (1986) et Risebrough (1986).

Il n'était pas jugé possible de concevoir une méthode de surveillance systématique en l'absence d'un effet spécifique prévisible. Toute activité jugée anormale fut notée lors des visites quotidiennes sur le terrain.

2.3.2 PÉRIODES D'OBSERVATION D'ALIMENTATION AU NID

L'observation de l'alimentation des jeunes au nid fait couramment partie des études sur le comportement de nidification mais a été peu utilisée pour étudier l'impact d'un pesticide. La méthode est d'un intérêt particulier pour les raisons suivantes:

- S'il y a lieu, elle permet de mieux comprendre le pourquoi des changements dans la croissance des jeunes (changement en quantité ou qualité des proies apportées, etc.).

- Elle permet de diagnostiquer des changements de comportement des adultes.

Risebrough (1986) fournit plusieurs exemples où les pesticides sont impliqués dans des modifications du comportement reproducteur des oiseaux. Toutefois, la plupart de ces études se sont effectuées en laboratoire; un rare exemple d'étude sur le terrain est celle de Grue, et al. (1982) qui a démontré que des Étourneaux sansonnets exposés au dicrotophon ont fait moins de visites au nid que des oiseaux témoins. Certains des effets observés en laboratoire sur le comportement alimentaire et sur l'acuité visuelle peuvent avoir des répercussions sur le succès reproducteur (Grue, et al., 1986).

La méthodologie adoptée pour cette partie de l'étude, inspirée largement de Bédard et Meunier (1983), visait à estimer la quantité de nourriture apportée au nid par les adultes et de réduire autant que possible toute source de variabilité autre que les arrosages de pesticides. Toutes les observations furent effectuées à partir d'une cache portative localisée de cinq à dix mètres du nid et mise en place au moins un jour avant le début des observations. Une automobile a servi de cache pour quelques périodes d'observation dans les vergers de pommiers.

Chaque période d'observation durait 120 minutes et s'échelonnait de 9h00 à 11h00. Afin de laisser le temps aux adultes de s'habituer à notre présence, l'observateur était toujours dans la cache au moins 15 minutes avant le début de la période d'observation.

Aucune observation n'a été effectuée lors de fortes pluies mais les observations n'ont pas été interrompues lors de pluies fines ou intermittentes. Ces conditions, de toute évidence, n'ont pas affecté l'activité des adultes. Les conditions météorologiques furent notées au début et à la fin de la période d'observation.

L'observateur a rempli, lors de chaque visite d'un adulte au nid, une fiche de terrain comprenant les éléments suivants: l'identité de l'individu (sexe, combinaison de bagues, etc.), l'heure d'arrivée et de départ, la direction d'arrivée et de départ ainsi que l'identification et la longueur de la nourriture apportée. La longueur a été estimée en comparaison avec la longueur du bec jusqu'à la commissure. Une tentative pour calculer le volume de nourriture en estimant la longueur, la hauteur et la largeur, fut abandonné à cause de l'imprécision des estimations. Toutefois, des données supplémentaires ainsi obtenues suggèrent que, lors de d'autres études postérieures, la longueur du culmen serait une référence plus fiable pour estimer la longueur de la nourriture.

2.4 EFFETS SUR LA POPULATION

2.4.1 RECENSEMENT DES NIDS

La recherche de nids avait aussi comme but une quantification approximative de la densité des nids. La recherche de nids dans les pommiers s'est vu systématisée. Chaque verger fut visité à cette fin lors des premières et des dernières semaines de l'étude afin de trouver les nids des espèces tant hâtives que tardives. Seule exception, les parcelles I centre et I ouest du verger VF ne furent visitées que pendant les deux dernières semaines de l'étude.

Tous les nids facilement visibles dans les vergers furent probablement répertoriés. C'est le cas notamment pour les nids des Merles d'Amérique, des Tyrans tritris, des Jaseurs des cèdres et probablement des Merles-bleu de l'Est. Les autres espèces caractéristiques des pommeraies construisent des nids plus difficiles à trouver, dont un bon nombre a pu nous échapper. Nos connaissances du nombre de territoires versus le nombre de nids trouvés sont à la source de cette affirmation. C'est le cas notamment du Bruant familier et de la Tourterelle triste. Finalement, les nids des Bruants chanteurs, espèce commune dans les vergers, se trouvaient tous très bien cachés au sol et probablement seule une faible portion des nids fut trouvée.

La recherche de nids s'est avérée plus difficile dans les champs de fraises que dans les vergers. Les oiseaux les plus communs dans, ou tous près des champs, consistaient en quelques espèces de bruants qui nichent toutes au sol et habituellement dans des habitats difficiles à inventorier tels les fossés d'irrigation et les lisières d'arbustes.

Les champs de fraises arrosés et leurs bordures furent couverts minutieusement mais nous estimons, à partir du nombre de territoires répertoriés, n'avoir trouvé qu'une faible partie des nids. Plusieurs de ces nids ne furent trouvés

qu'après l'éclosion des oeufs au moment où les parents étaient plus visibles alimentant les jeunes. Les champs témoins ont reçu beaucoup moins d'attention et on y dénombre relativement peu de nids.

2.4.2 RECENSEMENT DES TERRITOIRES

Le recensement de territoires a pour but la documentation des remaniements territoriaux qui peuvent résulter de la mortalité ou de l'émigration occasionnées par l'usage d'un pesticide. Cette méthode a été souvent utilisée dans d'autres études sur l'effet de pesticides (exemple: Edwards, et al., 1979).

Peu d'effort dans la présente étude a été consacré à cette méthode. Nos recensements, plutôt informels, visaient surtout à documenter des changements territoriaux importants.

Afin de cartographier les territoires d'oiseaux, nous avons employé une variante de la méthode du quadrat proposée par l'International Bird Census Committee (I.B.C.C., 1970). La méthode standard a pour but la délimitation des territoires d'un site suite à un nombre spécifique de visites. Notre approche était différente dans le sens que nous n'avons pas effectué de visites sur le terrain consacrées exclusivement au recensement des territoires. Les recensements étaient voués également à la recherche de nids ou à d'autres fins donc il était impossible de respecter les conditions tel qu'imposées par la méthode de l'I.B.C.C. (1970).

Toutes les informations provenant des recensements ont été cartographiées suite aux travaux sur le terrain. Les symboles standard suggérés par l'I.B.C.C. (1970) ont été utilisés sur le terrain ainsi que lors de l'étape cartographique.

D'autres informations relatives à l'occupation des territoires ont aussi été obtenues. Par exemple, nos visites quotidiennes aux nids pour les périodes d'observation ou pour les prises de mesures de croissance, ont permis de noter les activités territoriales des adultes. L'observation d'adultes bagués, la localisation des nids et la capture d'adultes dans les filets ont toutes apporté des informations utiles en ce qui concerne la localisation des territoires.

2.4.3 BIOMASSE DE NOURRITURE DISPONIBLE

L'arrosage d'un insecticide doit nécessairement produire des effets importants sur les populations d'insectes et donc sur la capacité de support du milieu pour les oiseaux insectivores. Afin de documenter les changements dans la capacité de support des milieux fréquentés par les oiseaux, l'on a échantillonné des populations d'invertébrés mais de façon très préliminaire.

POMMERAIES

Le but de l'échantillonnage dans les vergers de pommiers, se voulait l'étude des différences dans la densité d'invertébrés entre les divers types de vergers. L'échantillonnage a été effectué le 20 juin entre 12h00 et 14h00 dans trois vergers: le verger VM (le verger commercial; dernier arrosage d'insecticide le 31 mai), la parcelle I centre du verger VF (un verger relativement peu arrosé; dernier arrosage le 17 mai) et le verger témoin VR.

Pour cinq pommiers différents dans chaque verger, une branche fut vigoureusement secouée au-dessus d'un drap blanc placé au sol. Tous les invertébrés tombés de la branche furent récoltés et préservés dans l'alcool.

CHAMPS DE FRAISES

Nous avons utilisé, pour les champs de fraises, un filet à papillon pour échantillonner les invertébrés de la strate herbacée. Au moyen de 100 passes avec le filet, quatre habitats furent échantillonnés le 10 juin: champ de fraises arrosé au malathion la veille, champ de fraises arrosé au malathion le 6 juin, fossé situé à une distance de 1 mètre d'un champ de fraises arrosé au malathion la veille et un champ témoin (une prairie).

Tous les insectes et invertébrés récoltés furent préservés. Les invertébrés de tous les échantillons, provenant des vergers et des champs de fraises, furent par la suite comptés et identifiés au niveau de l'ordre.

3. RÉSULTATS

Les sections suivantes présentent les résultats de chaque volet de l'étude. On présente aussi quelques commentaires ou recommandations concernant l'utilité des diverses méthodes employées.

3.1 OBSERVATIONS DE MORTALITÉ

3.1.1 MORTALITÉ OBSERVÉE CHEZ LES ADULTES

Aucun oiseau mort ne fut trouvé aux sites d'étude. La seule mention de tel cas provient du pomiculteur du verger VM. Il aurait trouvé, il y a quelques années, plusieurs Chardonnerets jaunes morts à la suite d'un arrosage au diméthoate.

3.1.2 MORTALITÉ DES OEUFS OU DES JEUNES AU NID

Le tableau A-1 de l'annexe 2 présente un résumé de toutes les informations pertinentes pour chaque nid: la phénologie, l'exposition aux pesticides et le succès reproducteur. Le succès reproducteur est considéré en termes d'oeufs stériles (un oeuf non éclos dans un nid ou les autres oeufs ont éclos normalement), d'oeufs morts (tout oeuf non éclos, incluant les oeufs stériles) et de jeunes morts.

Afin de déterminer si les arrosages d'insecticides auraient pu causer une mortalité chez les oeufs ou chez les jeunes, les nids arrosés ont été comparés aux nids non arrosés pour deux paramètres: la mortalité des oeufs et la mortalité des oisillons. Les tableaux de contingence (tableaux 2 et 3), construits à partir des données qui se trouvent dans le tableau A-1 de l'annexe 2, montrent les test d'indépendence du khi-carré. Le test exact de Fisher est employé pour les cas ou le nombre total de nids est inférieur à 20 (Scherrer, 1984).

Les nids arrosés indirectement ainsi que les nids dont l'issue était inconnue ont été retranchés des analyses statistiques. De plus, seuls les arrosages d'insecticides lors de la période de couvaison sont considérés pour les cas de mortalité des oeufs, alors que pour le cas de la mortalité des jeunes, seuls les arrosages lors de la période de nourrissage le sont.

MORTALITÉ DES OEUFS

On connaît l'issue de 30 nids pour l'azinphos-méthyl (tableau 2) et de 11 nids pour le carbofuran. Il n'y a pas de différences entre les nids arrosés et les nids non arrosés. Une analyse des effets du malathion n'est pas possible étant donné qu'aucun nid ne fut exposé au malathion lors de la période de couvaison.

Une analyse semblable a été effectuée (données non présentées) pour le cas spécial de la stérilité des oeufs. Encore une fois, on n'observe aucune différence entre les nids arrosés et non arrosés. Pour le cas du carbofuran dans les champs de fraises, il n'y a qu'un très faible échantillon de huit nids sans nettes différences entre les nids directement arrosés avec cet insecticide et les nids témoins.

Tableau 2. TABLEAUX DE CONTINGENCE SERVANT A VÉRIFIER LA RELATION ENTRE LES ARROSAGES D'INSECTICIDES ET LA MORTALITÉ DES OEUFS

AZINPHOS-MÉTHYL	NIDS AVEC AU MOINS 1 OEUF MORT	NIDS AVEC AUCUN OEUF MORT	TOTAL
Nids arrosés	6	9	15
Nids non arrosés	7	8	15
TOTAL	13	17	30
$p \geq 0,95$ (test d'indépendance de Khi-carré avec corrections de continuité)			

MALATHION
Aucun nid n'a été arrosé au malathion lors de la couvaison

CARBOFURAN	NIDS AVEC AU MOINS 1 OEUF MORT	NIDS AVEC AUCUN OEUF MORT	TOTAL
Nids arrosés	4	3	7
Nids non arrosés	2	2	4
TOTAL	6	5	11
$p = 0,65$ (test exact de Fisher)			

Table 2. CONTINGENCY TABLES SHOWING THE RELATIONSHIP BETWEEN INSECTICIDE SPRAYINGS AND LOSS OF EGGS

AZINPHOS-METHYL	NEST WITH AT LEAST 1 EGG LOST	NEST WITH NO EGG LOST	TOTAL
Sprayed nests	6	9	15
Non-sprayed nests	7	8	15
TOTAL	13	17	30
$p \geq 0,95$ (Chi square test of independence with continuity correction)			

MALATHION
No nest was sprayed with malathion during incubation

CARBOFURAN	NEST WITH AT LEAST 1 EGG LOST	NEST WITH NO EGG LOST	TOTAL
Sprayed nests	4	3	7
No-sprayed nests	2	2	4
TOTAL	6	5	11
$p = 0,65$ (Fisher's exact test)			

MORTALITÉ DES JEUNES

Au moins un oisillon trouvé ou porté disparu constituait un cas observé de mortalité. Dans les vergers de pommiers et pour l'insecticide azinphos-méthyl (tableau 3), seulement deux nids furent arrosés pendant la période de nourrissage des jeunes. Un de ces nids a connu un cas de mortalité mais cette proportion est semblable pour les nids non arrosés.

Aucun des nids dans les champs de fraises, n'a été arrosé au carbofuran lorsque il y avait des jeunes au nid. Pour le malathion, la situation est semblable à celle pour l'azinphos-méthyl sauf que l'échantillon est encore plus petit.

L'IMPACT DES MANIPULATIONS

On a aussi considéré les données sur la mortalité des jeunes pendant le stade d'alimentation en fonction de l'impact potentiel des observateurs (tableau A-1 de l'annexe 2). De fait, nous nous demandons si les visites aux nids ont eu un impact significatif sur le succès reproducteur de ceux-ci. Pour cet analyse on considère ensemble les nids des deux aires d'étude.

Des 29 nids dont l'issue est connue, 21 sont des nids ou les jeunes furent manipulés par les observateurs. Des huit nids où il y eu la mort d'un jeune, cinq furent des nids manipulés (23.8%) et trois des nids non manipulés (37.5%). Il est donc difficile de soutenir l'hypothèse que les visites aux nids ont eu des effets négatifs sur le taux de succès de ceux-ci.

L'absence d'un effet attribuable à la manipulation des jeunes (section 3.2.2) est difficile à interpréter dû au fait que les oisillons sortis eux-mêmes du nid furent considérés comme des réussites. Il est toutefois probable que dans certains cas, nos visites au nid ont provoqué l'envol prématuré du nid (surtout pour les diverses espèces de bruant) et que ces oisillons ont eu un taux de mortalité plus élevé que la normale.

SOMMAIRE DES RÉSULTATS DE MORTALITÉ

On note, dans quelques-uns des cas précédents, un plus fort pourcentage de stérilité ou de mort chez les nids arrosés que chez les nids non arrosés mais la différence n'est jamais significative et, dans tous les cas, un seul nid est la cause de la différence. Compte tenu de la petite taille de notre échantillonnage, on ne peut toutefois pas conclure avec certitude qu'il n'y avait pas d'effet attribuable aux pesticides.

3.2 OBSERVATIONS DES EFFETS PHYSIOLOGIQUES

3.2.1 CONDITION PHYSIQUE DES ADULTES

La figure 7 montre les valeurs de l'indice de condition pour les principales espèces capturées aux deux aires d'étude: pour les pommeraies, le Bruant familier, le Bruant chanteur et le Chardonneret jaune et pour les champs de fraises, le Bruant chanteur et le Bruant des prés. Pour réaliser les graphiques, nous n'avons retenu que les individus pour lesquels les données étaient complètes (poids et longueur du tarse). Les graphiques montrent aussi les

Tableau 3. TABLEAUX DE CONTINGENCE SERVANT A VÉRIFIER LA RELATION ENTRE LES ARROSAGES D'INSECTICIDES ET LA MORTALITÉ DES JEUNES

AZINPHOS-MÉTHYL	NIDS AVEC AU MOINS 1 JEUNE MORT	NIDS AVEC AUCUN JEUNE MORT	TOTAL
Nids arrosés	1	1	2
Nids non arrosés	4	15	19
TOTAL	5	16	21
p = 0,95 (test exact de Fisher)			

CARBOFURAN
Aucun nid n'a été arrosé au carbofuran lors du nourrissage au nid

MALATHION	NIDS AVEC AU MOINS 1 JEUNE MORT	NIDS AVEC AUCUN JEUNE MORT	TOTAL
Nids arrosés	1	1	2
Nids non arrosés	3	4	7
TOTAL	4	5	9
p = 0,83 (test exact de Fisher)			

Table 3. CONTINGENCY TABLES SHOWING THE RELATIONSHIP BETWEEN INSECTICIDE SPRAYINGS AND THE DEATH OF NESTLINGS

AZINPHOS-METHYL	NEST WITH AT LEAST 1 NESTLING DEAD	NEST WITH NO NESTLIGN DEAD	TOTAL
Sprayed nests	1	1	2
No-sprayed nests	4	15	19
TOTAL	5	16	21
p = 0,95 (Fisher's exact test)			

CARBOFURAN
No nest was sprayed with carbofuran during feeding of the young

MALATHION	NEST WITH AT LEAST 1 NESTLING DEAD	NEST WITH NO NESTLING DEAD	TOTAL
Sprayed nests	1	1	2
No-sprayed nests	3	4	7
TOTAL	4	5	9
p = 0,83 (Fisher's exact test)			

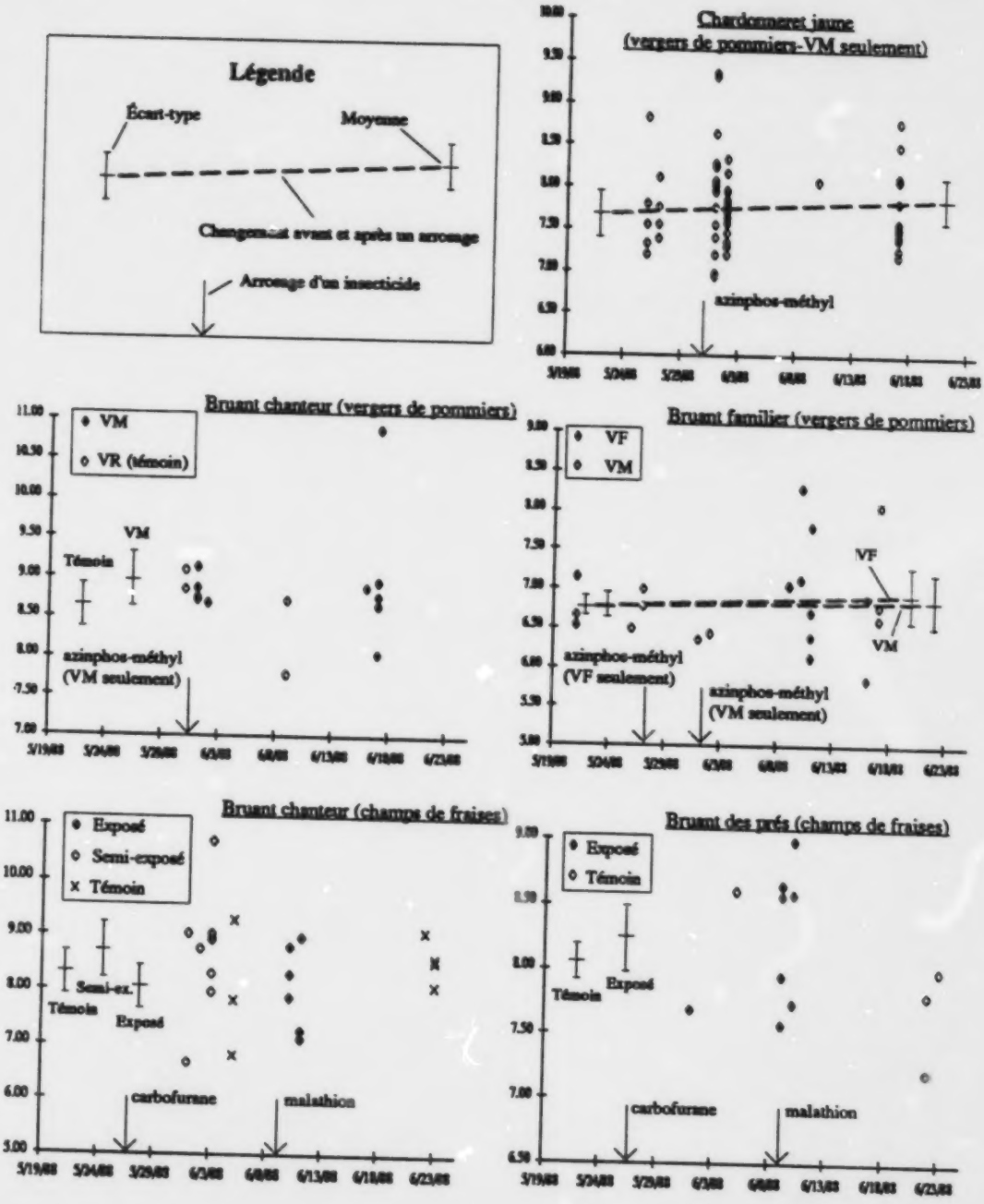


Figure 7. Indice de condition pour les principales espèces d'oiseaux des vergers de pommiers et des champs de fraises en fonction des applications d'insecticides

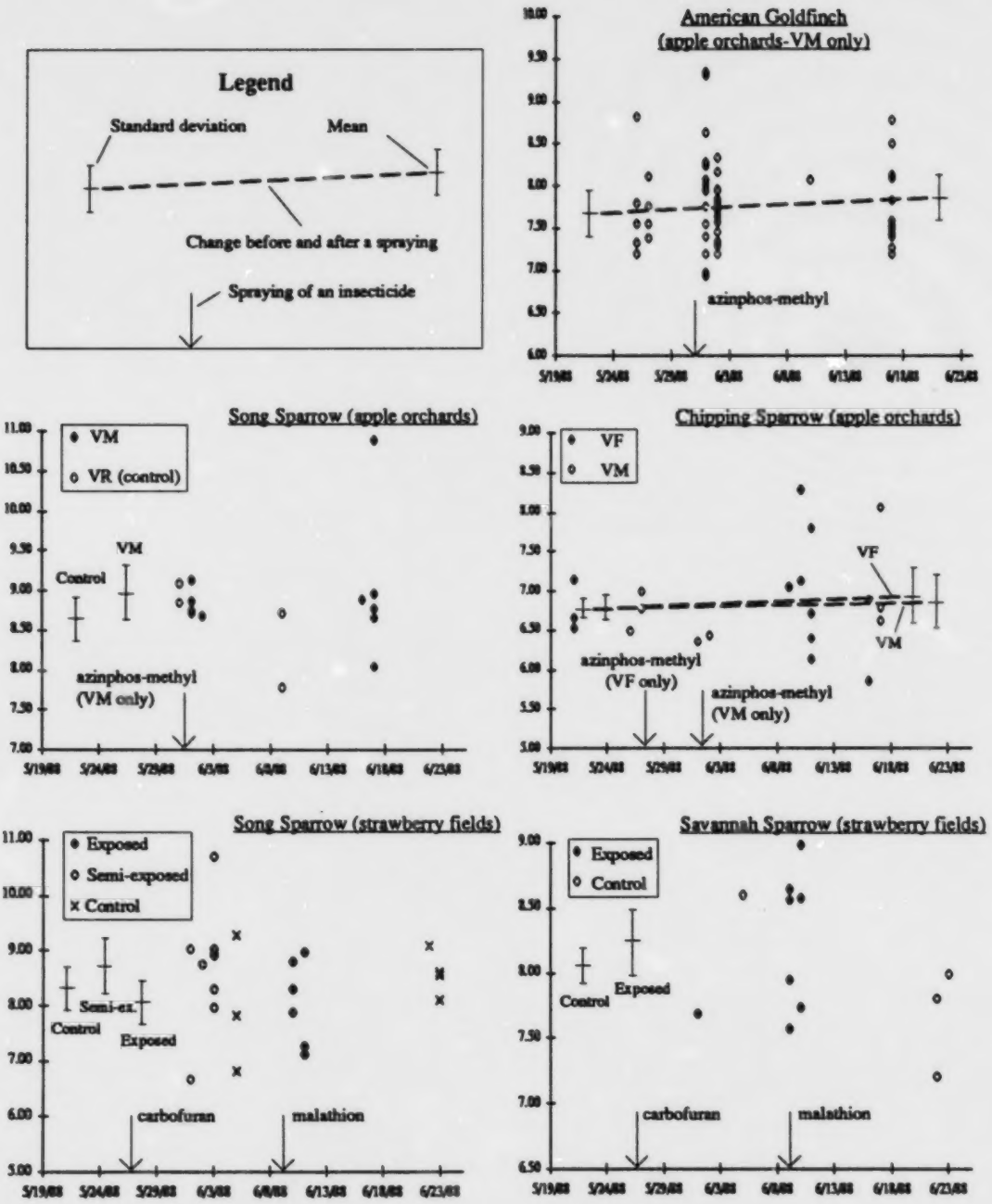


Figure 7. Condition index for the principal bird species of apple orchards and strawberry fields as a function of insecticide applications

changements entre la moyenne de l'indice de condition avant et après un arrosage d'insecticide ou, dans certain cas, entre une population exposée aux insecticides et une population témoin.

En guise de guide d'interprétation des graphiques, on peut prendre comme exemple celui du Chardonneret jaune. Le changement entre les moyennes avant et après l'arrosage d'azinphos-méthyl (7,70 et 7,80) est de 0,10. Cette différence peut être considérée comme représentant une augmentation d'à peu près 1,5% du poids des oiseaux capturés. De la même façon, pour le Bruant chanteur dans les champs de fraises, la différence entre les moyennes pour la population exposée et la population témoin (seul cas où l'indice de condition est plus bas pour une population exposée à un insecticide) représente une perte de poids d'à peu près 3,5%.

La figure 7 documente des changements de condition physique qui sont bien à l'intérieur de la variabilité normale de ces populations d'oiseaux. Des tests de t sur les moyennes (données non présentées) ne montrent aucune différence significative.

3.2.2 CROISSANCE DES JEUNES AU NID

Malgré un total de 58 visites au nid à des fins de prises de mesures de croissance, peu de ces données se prêtent à une analyse statistique. Par exemple, il faut éliminer les nids où l'on n'a effectué qu'une seule mesure puisqu'elle ne fournit aucune information sur le taux de croissance. Il y a aussi une variabilité importante au niveau du nombre d'oisillons au nid, ce qui complique toute tentative d'analyse. De plus, pour quelques nids avec plusieurs mesures, il n'y a pas eu d'exposition aux pesticides lors de la période d'alimentation.

Les seuls mesures pouvant être analysées (données non présentées) proviennent de quelques nids du Bruant chanteur, autant dans les vergers de pommiers que dans les champs de fraises, et de quelques nids de Bruant familier dans les pommeraies. Les sections suivantes résument les résultats pour ces deux espèces.

Afin de comparer les taux de croissance entre les nids, il est au préalable nécessaire de connaître l'âge des jeunes. Pour les espèces considérées ici, nous avons suivi de très près quelques nids lors de l'éclosion des oeufs. L'âge des jeunes dans ces nids étaient donc connu à quelques heures près. Pour les nids dont le jour d'éclosion des oeufs n'était pas connu, nous avons estimé l'âge des oisillons à partir de leur poids. La phénologie des nids étudiés est donnée à l'annexe 2. Bien que cette approche risque de cacher les différences entre nids en termes de poids absolu à un âge donné, elle permet par contre de déceler un taux de croissance anormal.

Nous avons utilisé les moyennes des mesures de tous les jeunes à chaque nid au lieu de montrer la courbe de croissance pour chaque individu. à chaque nid, il fut préalablement confirmé que tous les jeunes avaient une courbe de croissance semblable.

BRUANT CHANTEUR

La figure 8 fournit les données de croissance des Bruants chanteurs pour deux nids en provenance des champs de fraises et trois des vergers de pommiers. Parmi ces cinq nids, le seul potentiellement affecté par un arrosage d'insecticide est le nid N11, situé à 1 m d'un champ de fraises arrosé au malathion un jour avant la première prise de mesures. Les oisillons du nid N13 ont possiblement été exposés au malathion par le biais de leur nourriture, le nid étant localisé à 50 m d'un champ de fraises arrosé un jour avant la première prise de mesures. Des trois nids de Bruant chanteur localisés dans les pommeraies, deux sont des nids des vergers témoins et le troisième, VF-N1, était localisé dans un verger où il y avait eu un arrosage d'azinphos-méthyl approximativement deux semaines avant l'éclosion des oeufs. Ce dernier nid fut aussi arrosé avec le fongicide dodine le jour même de la première prise de mesures.

D'après les taux de croissance très semblables de la figure 8, on ne peut pas retenir l'hypothèse que les oisillons des nids arrosés aient eu un taux de croissance différent de ceux des nids témoins.

BRUANT FAMILIER

Six nids ont été retenus pour l'analyse des courbes de croissance pour le Bruant familier (figure 9). La date d'éclosion était connue pour presque tous les nids, ce qui a facilité l'interprétation des données. Les courbes de croissance étaient semblables entre les individus à chaque nid et entre les six nids à un point tel que nous avons choisi de simplifier les graphiques en groupant les nids en trois catégories: aucune exposition aux pesticides lors de l'alimentation des jeunes (N1 et N4); exposition au fongicide manèbe (N2 et N5) et exposition au fongicide dodine (N7 et N8). Il est à noter que tous ces nids, sauf N1, furent exposés à un insecticide dix jours ou plus avant l'éclosion des oeufs. L'insecticide utilisé était l'azinphos-méthyl sauf pour N2 et N5 où il s'agissait de dinocap.

Les données disponibles ne permettent pas de statuer sur les effets potentiels d'un insecticide mais, comme on peut voir sur la figure 9, aucun effet attribuable aux fongicides manèbe ou dodine ne peut être décelé.

3.2.3 INHIBITION DE LA CHOLINESTÉRASE

CHOLINESTÉRASE DU SANG

Les échantillons de sang montraient à leur arrivée au laboratoire une mauvaise séparation du plasma et des érythrocytes, indication d'un problème quelconque lors de l'entreposage ou du transport. Une telle situation rend difficile l'analyse mais néanmoins, six des échantillons furent analysés pour l'activité de la cholinestérase (tableau 4).

Les quatre échantillons récoltés à l'intérieur d'une période de 48 heures suivant un arrosage à l'azinphos-méthyl montrent un niveau d'activité significativement nettement inférieur aux deux échantillons témoins ($t = 2,44$; $0,025 < p \leq 0,05$) . Les deux échantillons présentant les plus bas niveaux d'activité ont été réanalysés avec la méthode de réactivation 2-PAM qui parfois, permet de confirmer l'exposition à un organo-phosphoré surtout si l'exposition

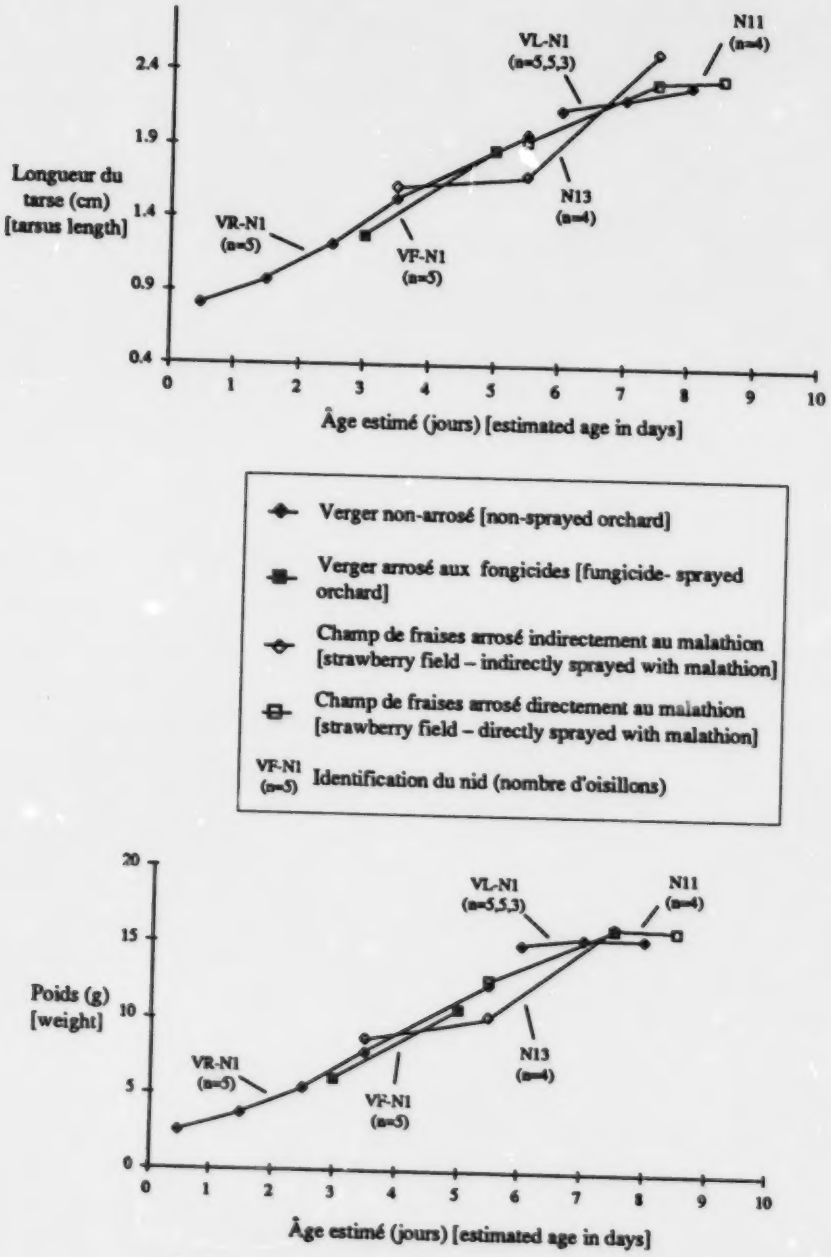


Figure 8. Mesures du poids et du tarse des oisillons de Bruant chanteur [Measurements of the weight and tarsus of Song Sparrow nestlings]

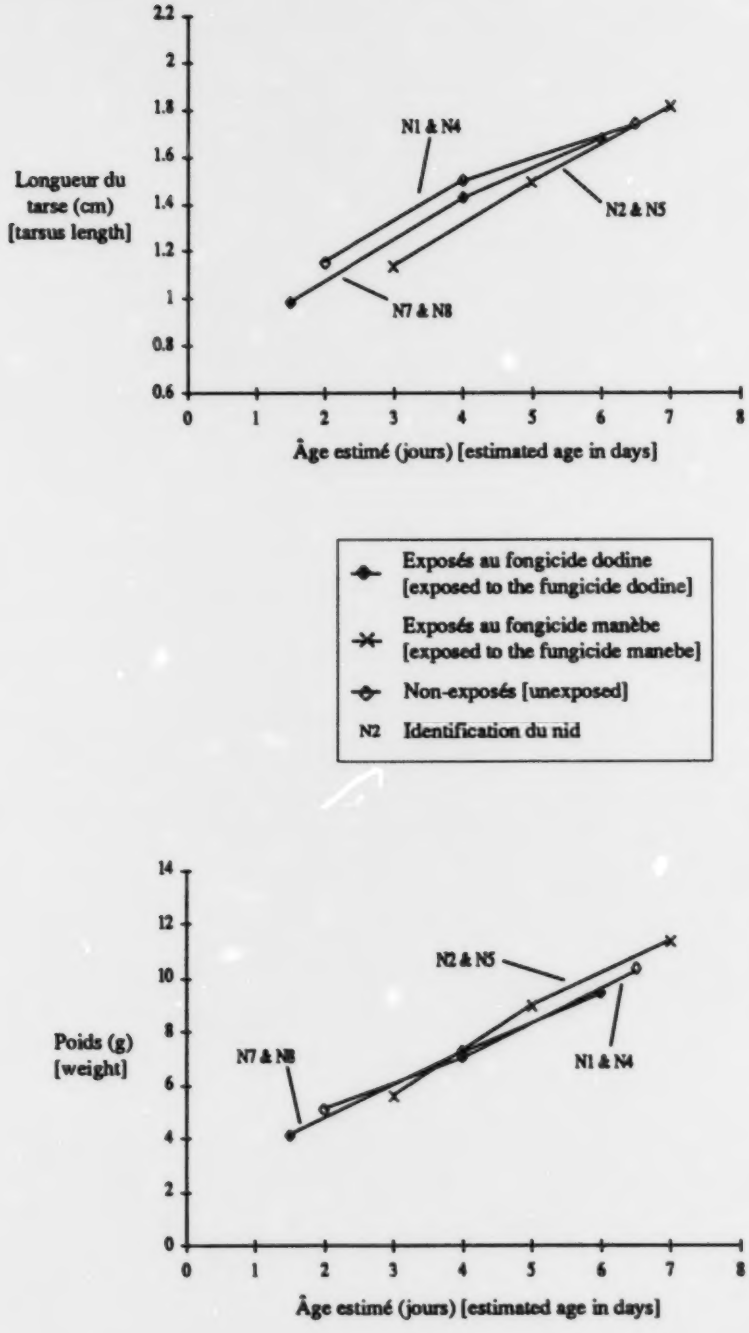


Figure 9. Mesures du poids et du tarse des oisillons de Bruant familier dans les vergers de pommiers [Measurements of the weight and tarsus of Chipping Sparrow nestlings in apple orchards]

Tableau 4. ACTIVITÉ DE LA CHOLINESTÉRASE DES ÉCHANTILLONS DE SANG PROVENANT DES MERLES D'AMÉRIQUE RÉCOLTÉS DANS LES VERGERS DE POMMIERS

DATE DE PRÉLÈVEMENT	SEXE	EXPOSITION A L'AZINPHOS-MÉTHYL	MOYENNE ChE* (U/l)	ÉCART-TYPE (s)
Échantillons témoins				
26 mai	M	9 jours avant	1 942	207
17 juin	M	17 jours avant	3 014	23
		Moyenne des 2 individus ($\pm$s) :	2 478 $\pm$ 758	
Échantillons exposés				
1 juin	F	18 heures avant	1 714	43
1 juin	M	33 heures avant	1 769	42
2 juin	F	42 heures avant	1 241**	21
2 juin	M	43 heures avant	1 020**	19
		Moyenne des 4 individus ($\pm$s) :	1 436 $\pm$ 365	
		t = 2,44; 0,025 < p $\leq$ 0,05***		

* Moyenne de l'échantillon homogénéisé, analysé en duplication.
** Échantillons choisis pour réactivation chimique.
*** Test de t: comparaison des moyennes des échantillons témoins et exposés.

Table 4. CHOLINESTERASE ACTIVITY OF AMERICAN ROBIN BLOOD SAMPLES COLLECTED FROM APPLE ORCHARDS

COLLECTION DATE	SEX	EXPOSURE TO AZINPHOS-METHYL	MEAN ChE* (U/l)	STANDARD DEVIATION (s)
Control samples				
May 26	M	9 days before	1 942	207
June 17	M	17 days before	3 014	23
		Mean of the 2 individuals (±s) :	2 478 ± 758	
Exposed samples				
June 1	F	18 hours before	1 714	43
June 1	M	33 hours before	1 769	42
June 2	F	42 hours before	1 241**	21
June 2	M	43 hours before	1 020**	19
		Mean of the 4 individuals (±s) :	1 436 ± 365	
		t = 2,44: $0,025 < p \leq 0,05$***		

* Mean of the homogenate analysed in duplicate.
** Samples chosen for chemical reactivation.
*** t test: comparison of the means of the control and exposed samples.

est assez récente (Kennedy, comm. pers.). Un des deux échantillons ne montrait aucune réactivation et les résultats de l'autre étaient ambigus. Cela tient peut-être au fait que l'exposition au pesticide n'était pas assez récente, celle-ci ayant eu lieu près de deux jours avant la collecte d'échantillons.

Malgré la différence significative entre les échantillons témoins et exposés, on ne peut conclure avec certitude à une exposition à l'azinphos-méthyl. Aucun des échantillons n'avait un niveau d'activité de plus de deux écart-type en bas de la moyenne pour l'espèce (une valeur égale à 962), seuil qui par convention, sert à indiquer une exposition au pesticide (Copeland, 1974; Hill, 1988). La méthode de réactivation n'a pu confirmer une exposition et de plus, il se peut que tous les résultats aient été faussés par une contamination du plasma par des érythrocytes.

CHOLINESTÉRASE DE CERVEAUX

La condition des cerveaux à leur arrivée au laboratoire était excellente et les résultats des analyses du niveau de l'activité de cholinestérase (tableau 5) sont fiables (Kennedy, comm. pers.).

Il semble n'y avoir aucune évidence que les oiseaux récoltés dans les champs de fraises aient subi une baisse du niveau d'activité de la cholinestérase suite à une exposition hypothétique au malathion. Pour les trois espèces concernées (le Bruant chanteur, le Bruant des prés et le Bruant vespéral) il n'y a presque pas de différences entre les moyennes pour les échantillons témoins et les échantillons récoltés après l'arrosage. Les valeurs du test de t (tableau 5) ne sont jamais significatives.

Pour l'azinphos-méthyl appliqué dans les vergers, l'interprétation des résultats concernant le Bruant chanteur est difficile dû au fait qu'il n'y eu aucun échantillon prélevé immédiatement après un arrosage. En fait, le groupe exposé est constitué de six cerveaux provenant d'oiseaux récoltés 16 ou 17 jours après un arrosage à l'azinphos-méthyl. La moyenne d'activité pour ce groupe est de 18,58 ($\pm$ 3,61) comparativement à 28,72 ($\pm$ 5,95) pour le groupe témoin. Un test de t sur les valeurs moyennes indique que la moyenne du groupe exposé est significativement plus basse que celle du groupe témoin ($t = 3,50$; $0,0005 < p \leq 0,005$).

De plus, un des individus exposés à l'azinphos-méthyl a un niveau d'activité plus bas que deux écart-type sous la moyenne (16,82). Les cerveaux des deux individus ayant les niveaux d'activité les plus bas furent analysés avec la méthode de réactivation qui n'a toutefois pu confirmer une exposition à un organo-phosphoré.

Le Chardonneret jaune prélevé 45 heures après l'arrosage à l'azinphos-méthyl a un niveau d'activité plus bas que celui prélevé 10 jours après (13,48 versus 18,71). Ni l'un ni l'autre ne montrait une exposition au pesticide suite à la méthode de réactivation.

Nous avons évité tout prélèvement de sang ou de cerveaux chez les oisillons à cause de la forte variabilité du niveau de cholinestérase chez des oisillons (Powell et Gray, 1980; Kennedy, 1988). Nous suggérons toutefois qu'il est peut-être trop tôt pour écarter cette méthode. Une revue de la littérature

Tableau 9. ACTIVITE DE LA CHOLINESTERASE DES ECHANTILLONS DE CERVEAUX

PROVENANCE	DATE DE PRELEVEMENT	SEXE	EXPOSITION A L'INSECTICIDE	MOYENNE CHE* (U/L)	ECART-TYPE s
BRUANT CHANTEUR					
Echantillons témoins					
Vergers	9 juin	F	Aucune	21.7	0.15
Ch. fraises	22 juin	?	Aucune	25.3	1.08
Ch. fraises	23 juin	?	Aucune	33.2**	0.36
Ch. fraises	23 juin	?	Aucune	36.3**	0.06
Ch. fraises	23 juin	?	Aucune	27.1**	0.45
	Moyenne des 5 individus (±s) :			28.7	± 5.95
Echantillons exposés à l'azinphos-méthyl					
Vergers	17 juin	M	17 jrs avant	17.2**	0.12
Vergers	17 juin	M	17 jrs avant	19.0	0.39
Vergers	17 juin	M	17 jrs avant	19.5	0.04
Vergers	17 juin	M	17 jrs avant	12.8**	0.69
Vergers	17 juin	F	17 jrs avant	23.9	0.28
Vergers	16 juin	?	16 jrs avant	19.1	0.18
	Moyenne des 6 individus (±s) :			18.6	± 3.61
	t = 3,50; p ≪ 0,005***				
Echantillons exposés au malathion					
Ch. fraises	10 juin	?	23 h. avant	29.9	0.48
Ch. fraises	10 juin	?	23 h. avant	35.6**	0.77
Ch. fraises	10 juin	?	23 h. avant	29.2**	0.33
	Moyenne des 3 individus (±s) :			31.6	± 3.52
BRUANT DES PRES					
Echantillons témoins					
Ch. fraises	22 juin	?	Aucune	30.3	1.27
Ch. fraises	22 juin	?	Aucune	31.1	0.04
Ch. fraises	23 juin	?	Aucune	28.0**	0.34
	Moyenne des 3 individus (±s) :			31.9	± 4.34
	t = 0,74; 0,1 ≪ p ≪ 0,375				
Echantillons exposés au malathion					
Ch. fraises	9 juin	?	12 h. avant	31.0	0.16
Ch. fraises	9 juin	?	12 h. avant	26.1	0.03
Ch. fraises	9 juin	F	12 h. avant	36.1	0.35
Ch. fraises	9 juin	F	12 h. avant	30.6	0.55
Ch. fraises	10 juin	?	23 h. avant	32.4	0.56
Ch. fraises	10 juin	?	23 h. avant	30.0**	0.69
Ch. fraises	10 juin	?	23 h. avant	30.5**	0.77
	Moyenne des 7 individus (±s) :			31.0	± 2.99
	t = 0,39; 0,1 ≪ p ≪ 0,375				
BRUANT VESPERAL					
Echantillons témoins					
Ch. fraises	23 juin	?	Aucune	41.9**	s/o
Ch. fraises	23 juin	?	Aucune	39.9**	0.56
	Moyenne des 2 individus (±s) :			40.8	± 1.41
Echantillon exposé au malathion					
Ch. fraises	10 juin	?	23 h. avant	40.8	0.81
CHARDONNERET JAUNE					
Echantillon peu exposé à l'azinphos-méthyl					
Vergers	10 juin	M	10 jrs avant	18.7**	0.42
Echantillon plus exposé à l'azinphos-méthyl					
Vergers	2 juin	M	45 h. avant	13.5**	0.20

* Moyenne de l'échantillon homogénéisé, analysé en duplication.
** Echantillons choisis pour réactivation chimique.
*** Test de t: comparaison des moyennes des échantillons témoins et exposés.

Table 5. CHOLINESTERASE ACTIVITY OF BRAIN SAMPLES

SOURCE	COLLECTION DATE	SEX	EXPOSURE TO AZINPHOS-METHYL	MEAN ChE* (U/L)	STANDARD DEVIATION (s)
SONG SPARROW					
Control samples					
Orchards	June 9	F	None	21.7	0.15
Strawberry f.	June 22	?	None	25.3	1.08
Strawberry f.	June 23	?	None	33.2**	0.36
Strawberry f.	June 23	?	None	36.1**	0.06
Strawberry f.	June 23	?	None	27.1**	0.45
Mean of the 5 individuals (±s) : 28.7 ± 5.95					
Samples exposed to azinphos-methyl					
Orchards	June 17	M	17 days before	17.2**	0.12
Orchards	June 17	M	17 days before	19.0	0.39
Orchards	June 17	M	17 days before	19.5	0.04
Orchards	June 17	M	17 days before	12.8**	0.69
Orchards	June 17	F	17 days before	23.9	0.28
Orchards	June 16	?	16 days before	19.1	0.18
Mean of 6 individuals (±s) : 18.6 ± 3.61 t = 3.50; p ≪ 0.005***					
Samples exposed to malathion					
Strawberry f.	June 10	?	23 hours before	29.9	0.48
Strawberry f.	June 10	?	23 hours before	35.6**	0.77
Strawberry f.	June 10	?	23 hours before	29.2**	0.33
Mean of the 3 individuals (±s) : 31.6 ± 3.52					
SAVANNAH SPARROW					
Control samples					
Strawberry f.	June 22	?	None	30.5	1.27
Strawberry f.	June 22	?	None	31.1	0.04
Strawberry f.	June 23	?	None	28.0**	0.34
Mean of the 3 individuals (±s) : 31.9 ± 4.34 t = 0.74; 0.1 ≪ p ≪ 0.375					
Samples exposed to malathion					
Strawberry f.	June 9	?	12 hours before	31.0	0.16
Strawberry f.	June 9	?	12 hours before	26.1	0.03
Strawberry f.	June 9	F	12 hours before	36.1	0.35
Strawberry f.	June 9	F	12 hours before	30.6	0.55
Strawberry f.	June 10	?	23 hours before	32.4	0.56
Strawberry f.	June 10	?	23 hours before	30.0**	0.69
Strawberry f.	June 10	?	23 hours before	30.5**	0.77
Mean of 7 individuals (±s) : 31.0 ± 2.99 t = 0.39; 0.1 ≪ p ≪ 0.375					
VESPER SPARROW					
Control samples					
Strawberry f.	June 23	?	None	41.9**	s/o
Strawberry f.	June 23	?	None	39.9**	0.56
Mean of the 2 individuals (±s) : 40.9 ± 1.41					
Samples exposed to malathion					
Strawberry f.	June 10	?	23 hours before	40.8	0.91
AMERICAN GOLDFINCH					
Samples slightly exposed to azinphos-methyl					
Orchards	June 10	M	10 days before	18.7**	0.42
Samples exposed to azinphos-methyl					
Orchards	June 2	M	45 hours before	13.5**	0.20

* Mean of the homogenate analysed in duplicate.
** Samples chosen for chemical reactivation.
*** T test: comparison of the means of the control and exposed samples.

pertinente ainsi qu'un prélèvement restreint de cerveaux chez les oisillons permettront de mieux comprendre la variabilité naturelle chez les jeunes. On sera par la suite en mesure de proposer d'autres approches intéressantes comme l'alimentation directe des oisillons avec des quantités connues de pesticides.

3.3 OBSERVATIONS DES EFFETS SUR LE COMPORTEMENT

3.3.1 COMPORTEMENTS ANORMAUX OBSERVÉS SUR LE TERRAIN

Seulement un exemple de comportement apparemment anormal fut observé lors de nos travaux sur le terrain. Il s'agit du seul oiseau moribond trouvé lors de l'étude: un Bruant des prés trouvé à quelque mètres d'un champ de fraises arrosé la veille au carbofuran. L'oiseau, incapable de voler, montrait les symptômes caractéristiques d'un empoisonnement par cet insecticide (Hudson, et al., 1984): tremblement du corps et perte d'équilibre. L'oiseau en question fut laissé au sol et en l'approchant de nouveau une heure plus tard, il s'est envolé apparemment sans problème.

3.3.2 NOURRISSAGE DES JEUNES AU NID

POMMERAIES

Les données concernant l'alimentation des jeunes au nid proviennent de 16 périodes d'observation (tableau A-4 de l'annexe 4). Toutefois, pour six de ces périodes, les observations furent abandonnées pour les raisons identifiées au même tableau. Les dix périodes d'observation restantes sont réparties entre trois nids de Bruant familier et deux nids de Bruant chanteur.

BRUANT FAMILIER

Juste avant le début des périodes d'observation, les trois nids de Bruant familier furent directement arrosés avec un fongicide: manèbe deux ou trois jours avant dans le cas des nids VF-N4 et VF-N5 et un jour avant avec le fongicide dodine dans le cas du nid VF-N7 (voir l'annexe 2 pour plus de détails relativement aux arrosages subis par chaque nid). Aucun de ces nids ne fut arrosé avec un insecticide lors de la période d'alimentation au nid.

Le seul effet possible d'un arrosage, en examinant les données pour cette espèce, serait le petit nombre de visites (12/périodes de 2 heures) au nid VF-N7 un jour après l'arrosage au dodine comparé aux nombres de visites quatre et cinq jours après (24 et 20 respectivement). Toutefois, ceci peut s'expliquer par le fait que la température était anormalement basse lors de la première période d'observation. La femelle a couvé durant 54 minutes lors des deux heures d'observation tandis qu'elle n'a pas couvé les jeunes lors des deux périodes subséquentes. Les jeunes avaient également vieilli et demandaient probablement plus de nourriture.

BRUANT CHANTEUR

Parmi les deux nids de Bruant chanteur pour lesquels on a des données (tableau A-4), seulement le nid VF-N1 fut exposé à un pesticide alors qu'il y avait des jeunes au nid. Le nid VR-N1 était dans un verger témoin. L'arrosage au nid VF-N1, au fongicide dodine, a eu lieu trois jours avant la prémière période

d'observation au nid. Le nombre de visites pour ce nid, était relativement plus petit qu'à VR-N1. Par contre, au moins pour la première période d'observation, la longueur moyenne de la nourriture était plus élevée. Les données ne sont toutefois pas assez complètes pour permettre d'y observer un effet du fongicide.

CHAMPS DE FRAISES

Un total de 19 périodes d'observation d'alimentation au nid ont été effectuées dans les champs de fraises (tableau A-5 de l'annexe 4). Comme pour les vergers de pommiers, quelques-unes de ces périodes furent éliminées de l'analyse pour diverses raisons.

On ne peut ainsi retenir que quatre nids de Bruant chanteur (figure 10). Les nids N3 et N4 n'ont subi qu'une exposition à un insecticide, celle-ci se produisant lors de la période de couvaison. Le nid N11, avec cinq périodes consécutives d'observation, fut directement arrosé avec l'insecticide malathion le jour avant le début des observations. Le nid N13, localisé à une distance d'au moins 50 m d'un champ arrosé, a possiblement été exposé au malathion trois jours avant le début des observations.

Il est intéressant de noter que, suite à l'arrosage du nid N11, le nombre de visites a diminué temporairement ainsi que la longueur moyenne des items apportés au nid. Seule la tendance à la baisse semble être d'intérêt puisque le nid ne se différencie pas nettement des autres nids quant aux valeurs absolues de ces paramètres. D'ailleurs, malgré tout effet hypothétique de l'arrosage, le nid fut un succès reproductif, les jeunes ayant quitté d'eux-mêmes le nid.

Un seul nid du Bruant des prés a été observé mais il n'est pas réellement d'intérêt puisque les jeunes ne peuvent pas être considérés comme ayant été potentiellement affectés par un pesticide. Le nid N5 fut arrosé bien avant l'éclosion des oeufs (une fois, avec le fongicide chlorothalonil et une autre fois avec l'insecticide carbofuran).

3.4 EFFETS SUR LA POPULATION

3.4.1 DENSITÉ DES NIDS

La densité des nids se compare difficilement entre les divers vergers étudiés ou entre les divers champs. Malgré une tentative de standardisation de l'effort de recherche, nous ne croyons pas être en mesure de bien quantifier la densité des nids. Cela est surtout dû à la difficulté de trouver tous les nids d'un site donné.

Les seules espèces qui font exception, et seulement pour les vergers de pommiers, sont celles ayant un nid facilement repérable, telles le Merle d'Amérique, le Jaseur des cèdres, le Tyran tritri et le Merle-bleu de l'Est.

Le tableau 6 donne la densité des nids pour ces espèces et aussi pour le Bruant familier. Cette dernière est une espèce dont les nids sont relativement difficiles à trouver mais qui est incluse puisque c'est probablement l'espèce qui niche le plus communément dans les pommiers. Le tableau 6 présente aussi la densité des nids de toutes les espèces réunies (quelques nids trouvés à l'extérieur des vergers ne sont pas inclus).

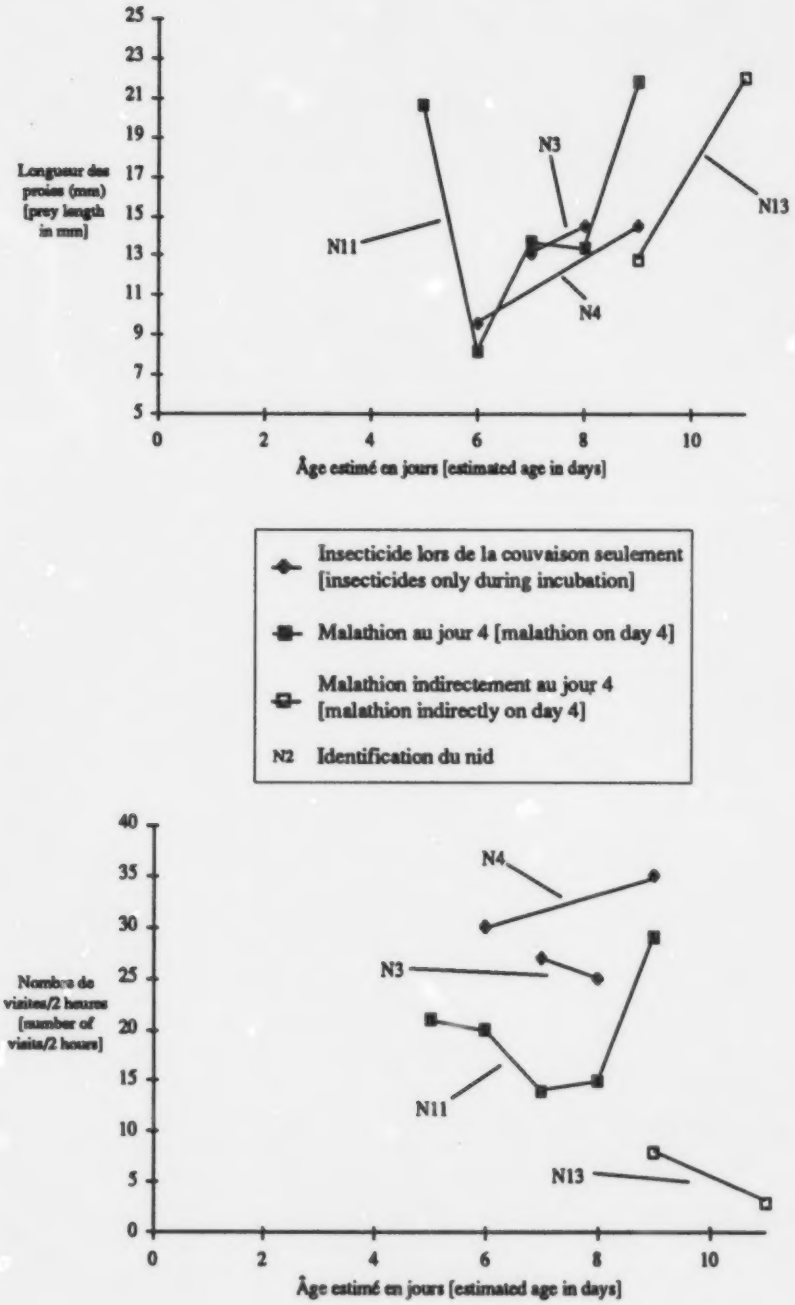


Figure 10. Nombre de visites au nid et longueur moyenne des proies rapportées par les couples de Bruant chanteur fréquentant les champs de fraises [Number of trips to the nest and mean prey length for several Song Sparrow nests in strawberry fields]

Tableau 6. DENSITÉ DES NIDS DANS LES VERGERS DE POMMIERS

VERGERS	SUPERFICIE (ha)	ESPÈCES						TOTAL
		BRUANT FAMILIER	MERLE D'AMÉRIQUE	TYRAN TRITRI	JASEUR DES CÈDRES	MERLE-BLEU DE L'EST	AUTRES	
Non traités (VL, VR et quelques parcelles de VF)	9,0	0,3(3)*	0,2(2)	0,1(1)	0,2(2)	0,0(0)	0,8(7)	1,7(15)
Peu traités (Autres parcelles de VF)	11,5	0,4(5)	0,1(1)	0,1(1)	0,2(2)	0,2(2)	0,3(3)	1,2(14)
Traités conventionnellement (VM)	24,1	0,1(3)	0,2(4)	0,1(3)	0,0(1)	0,0(1)	0,5(11)	1,0(23)
TOTAL	44,6	0,2(11)	0,2(7)	0,1(5)	0,1(5)	0,1(3)	0,5(21)	1,2(52)

* Nombre de nids/ha (nombre de nids).

Table 6. NEST DENSITIES IN THE APPLE ORCHARDS

ORCHARDS	AREA (ha)	SPECIES						TOTAL
		CHIPPING SPARROW	AMERICAN ROBIN	EASTERN KINGBIRD	CEDAR WAXWING	EASTERN BLUEBIRD	OTHER	
Non-treated (VL, VR and some sections of VF)	9,0	0,3(3)*	0,2(2)	0,1(1)	0,2(2)	0,0(0)	0,8(7)	1,7(15)
Lightly treated (Other sections of VF)	11,5	0,4(5)	0,1(1)	0,1(1)	0,2(2)	0,2(2)	0,3(3)	1,2(14)
Conventionally treated (VM)	24,1	0,1(3)	0,2(4)	0,1(3)	0,0(1)	0,0(1)	0,5(11)	1,0(23)
TOTAL	44,6	0,2(11)	0,2(7)	0,1(5)	0,1(5)	0,1(3)	0,5(21)	1,2(52)

* Number of nests/hectare (number of nests)

Un nombre relativement plus grand de nids fut trouvé dans les vergers non traités que dans le verger traité; les vergers peu traités occupent une position intermédiaire. Pour toutes les espèces réunies, la densité des nids pour les vergers non traités, peu traités et traités conventionnellement est de 1,7, 1,2 et 1,0 nids/ha respectivement. En ce qui concerne la comparaison de ces totaux, un test de khi-carré donne une valeur de 2,84 ce qui n'est pas significatif ($0,2 < p \leq 0,3$) .

Bien qu'il soit possible que les arrosages de pesticides aient pu affecter la densité des nids on ne peut écarter d'autres explications valables:

- Les vergers non traités étaient surtout des vergers abandonnés offrant aux oiseaux des habitats plus hétérogènes.
- Il n'est pas possible ici de séparer l'effet potentiel du dérangement causé par les appareils de celui causé par l'arrosage lui-même.
- Les observateurs ont peut-être mis plus d'effort à trouver les nids dans les petits vergers témoins que dans le verger traité.

3.4.2 DISTRIBUTION DES TERRITOIRES

POMMERAIES

Bien que nos recensements plutôt informels nous aient permis de cartographier de façon approximative la distribution des territoires pour les espèces principales, il s'avère peu réaliste de tenter une comparaison dans le temps, avant et après un arrosage. Il était difficile de planifier un effort comparable avant et après les arrosages étant donné que ceux-ci étaient nombreux, variable en termes de produits appliqués et différents d'un endroit à l'autre.

Les vergers témoins étaient plutôt petits, renfermant relativement peu de territoires, et on ne peut pas les comparer aux autres vergers. En comparant nos cartes de territoires des vergers peu arrosés et des vergers arrosés conventionnellement, aucune différence apparente ne se présente en termes de nombre de territoires ou de leur distribution (données non présentées). Le fait qu'il y avait relativement plus de nids aux vergers témoins relèvent du fait qu'il y avait plus d'espèces nicheuses plutôt que plus d'individus de la même espèce.

Bien qu'elles ne soient documentées que de façon informelle, nous croyons que les visites presque quotidiennes à une cinquantaine de nids nous a permis une bonne compréhension des activités territoriales des adultes à ces nids. En effet, si jamais il y avait eu des changements importants au niveau des territoires (remplacement des adultes, perte de territoires, émigration marquée) nous les aurions remarqué. Nos connaissances approfondies de plusieurs territoires n'ont pas revelé de tels changements.

CHAMPS DE FRAISES

La délimitation des territoires à l'Île d'Orléans s'est faite relativement facilement parce que les adultes étaient essentiellement limités à des habitats rectilignes tels les fossés ou les lisières d'arbustes. Il était donc

souvent facile de noter la division exacte entre deux territoires tandis que, dans un verger, la division entre les territoires n'était pas toujours évidente.

Pour le Bruant chanteur, l'espèce principale de l'aire d'étude, nous avons donc estimé la longueur des territoires pour les deux zones les plus souvent visitées: une aux alentours des champs de fraises arrosés et l'autre au site témoin. Pour le site témoin, les 11 territoires trouvés avaient une longueur moyenne de 180 m tandis que, près des champs arrosés, 13 territoires avaient une longueur moyenne de 140 m. Selon les observateurs familiers avec les sites d'étude, cette différence s'explique par la qualité de l'habitat - en effet le type de fossé ou le type de lisière aurait une grande importance à ce niveau. La densité de nids relativement forte près des champs arrosés étaient, à leur avis, dû à la présence de fossés plus humides, un habitat de choix pour cette espèce.

De la même manière que pour les pommeraies, les visites quotidiennes ont permis aux deux observateurs de très bien connaître les territoires. Ils n'ont pas remarqué de changements territoriaux pendant la durée de l'étude.

3.4.3 BIOMASSE DE NOURRITURE DISPONIBLE

L'échantillonnage d'invertébrés nous a fourni quelques données d'intérêt malgré le peu d'effort consacré à cette partie de l'étude. Toutefois, nous ne présentons aucun test statistique à cause des très petits échantillons.

On remarque, dans les vergers de pommiers (tableau 7), la quasi-absence d'invertébrés dans le verger commercial. De fait, dans les cinq échantillons de ce verger, effectués en secouant une branche au-dessus d'un drap, nous n'avons trouvé que deux araignées pour un nombre moyen de 0,4 invertébré par échantillon. Le verger peu arrosé de la ferme expérimentale en comptait, par contre, 2,4 par échantillon et le verger non arrosé 5,4 (constitué surtout du Charançon de la pomme - un coléoptère de la famille Curculionidae). Les différences très marquées entre les vergers sont un peu surprenantes étant donné que l'échantillonnage s'est effectué au moins 20 jours après le dernier arrosage d'insecticide.

Deux résultats intéressants ressortent de la lecture du tableau 7 pour les champs de fraises. D'une part, on peut noter l'efficacité d'un traitement au malathion sur un champ de fraises - le lendemain d'un arrosage on n'a pris que 13 invertébrés lors de 100 passes avec un filet à papillon. Il est à noter toutefois que l'échantillonnage quatre jours après un arrosage a donné un total de 92 invertébrés. D'autre part, la richesse de la faune invertébrée des fossés humides (un total de 121 invertébrés collectionnés dans un fossé situé à 1 m d'un champ de fraises arrosé la veille au malathion) confirme l'impression des observateurs que cet habitat est d'une importance capitale pour les oiseaux de ce milieu.

3.5 SOMMAIRE DES RÉSULTATS

Le tableau 8 présente une synthèse des résultats classifiés selon la méthode et en fonction des trois insecticides utilisés sur les cultures à l'étude. Parfois la disponibilité des données ne permet pas d'affirmer s'il y a ou non

Tableau 7. NOMBRE D'INVERTÉBRÉS CAPTURÉS EN FONCTION DES ARROSAGES D'AZINPHOS-MÉTHYL (VERGERS DE POMMIERS) OU DE MALATHION (CHAMPS DE FRAISES)

	OPILIONES	ARAIGNEES	PLECOPTERES	ORTHOPTERES	TRICHOPTERES	HEMIPTERES/MOHOPTERES	LEPIDOPTERES (LARVES)	DIPTERES	COLEOPTERES (CURCULIONIDAE)	COLEOPTERES (AUTRES)	HYMENOPTERES	TOTAL
VERGERS DE POMMIERS (NOMBRE MOYEN/BRANCHE SECOUÉE, n = 5)												
Témoin (VR)		0,6				0,8			3,6	0,2	0,2	5,4
Peu arrosé (VF)		0,4			0,2	1,2			0,4	0,2		2,4
Arrosé conventionnellement (VM)		0,4										0,4
CHAMPS DE FRAISES (NOMBRE/100 PASSES DE FILET)												
Témoin (prairie)		2			1	9		15		4	2	33
Fossé à côté d'un champ arrosé la veille	1	8	1	2	1	33	1	8		65	1	121
Champ arrosé 4 jours avant		19	1	1		43	4	16	1	5	2	92
Champ arrosé la veille						8	1	4				13

Table 7. NUMBER OF INVERTEBRATES CAPTURED IN RELATIONSHIP TO SPRAYINGS OF AZINPHOS-METHYL (APPLE ORCHARDS) OF MALATHION (STRAWBERRY FIELDS)

	OPILIONIDS	SPIDERS	PLECOPTERA	ORTHOPTERA	TRICHOPTERA	HEMIPTERA/HOMOPTERA	LEPIDOPTERA (LARVAE)	DIPTERA	COLEOPTERA (CURCULIONIDAE)	COLEOPTERA (OTHER)	HYMENOPTERA	TOTAL
APPLE ORCHARDS (MEAN NUMBER/SHAKEN BRANCH, n = 5)												
Control (VR)		0,6				0,8			3,6	0,2	0,2	5,4
Lightly sprayed (VF)		0,4			0,2	1,2			0,4	0,2		2,4
Sprayed conventionally (VM)		0,4										0,4
STRAWBERRY FIELDS/NUMBER/100 NET SWEEPS)												
Control (field)		2			1	9		15		4	2	33
Ditch beside field sprayed the day before	1	8	1	2	1	33	1	8		65	1	121
Field sprayed four days before		19	1	1		43	4	16	1	5	2	92
Field sprayed the day before						8	1	4				13

Tableau 8. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

	VERGERS DE POMMIERS	CHAMPS DE FRAISES	
	AZINPHOS-MÉTHYL	MALATHION	CARBOFURAN
MORTALITÉ			
. Adultes	-	-	-
. Oeufs/jeunes	-	-	-
PHYSIOLOGIE			
. Condition des adultes	-	-	*
. Croissance des jeunes	*	-	*
. Inhibition de la cholinestérase	=	-	*
COMPORTEMENT			
. Comportements anormaux	-	-	=
. Nourrissage des jeunes	*	*	*
POPULATION			
. Densité des nids	=	*	*
. Distribution des territoires	-	-	*
. Biomasse de nourriture	=	=	*

\- Aucun effet observé.
= Effets observés.
* Pas de données.

Table 8. SYNTHESIS OF THE RESULTS

	ORCHARDS	STRAWBERRY FIELDS	
	AZINPHOS-METHYL	MALATHION	CARBOFURAN
MORTALITY			
. Adults	-	-	-
. Eggs/young	-	-	-
PHYSIOLOGY			
. Adults' condition	-	-	*
. Growth rates of young	*	-	*
. Cholinesterase inhibition	=	-	*
BEHAVIOUR			
. Unusual behavior	-	-	=
. Feeding of young	*	*	*
POPULATION			
. Nest density	=	*	*
. Territory distribution	-	-	*
. Prey biomass	=	=	*

- No effect documented.
= Effects documented.
* No data.

un effet, particulièrement pour le carbofuran. En fait, peu de cas amènent à la confirmation d'un effet des pesticides et on pourrait rapidement les passer en revue.

L'inhibition du niveau d'activité de la cholinestérase indique certainement un effet de l'azinphos-méthyl sans toutefois être associée à d'autres manifestations d'effets nocifs. D'ailleurs, les données pour les cerveaux de Bruants chanteurs semblent indiquer une certaine exposition mais il est à noter qu'elle ne fut pas démontrée de façon incontestable. La présence d'un effet au niveau des comportements anormaux pour le carbofuran s'applique au Bruant des prés trouvé moribond immédiatement suivant un arrosage avec cet insecticide.

Les effets sur la biomasse de nourriture disponible ne représentent pas un impact direct sur les oiseaux et sont d'ailleurs tout à fait prévisibles suite à l'arrosage d'un insecticide. Finalement, l'effet de l'azinphos-méthyl sur la densité de nids n'implique pas exclusivement l'insecticide lui-même.

La petite taille des échantillons, à la possible exception de ceux pour l'indice de condition des adultes, nous oblige à être prudent et à ne pas ignorer toute possibilité d'effet sur les oiseaux. Mais, la possibilité d'un impact des pesticides ne peut être retenue au niveau des effets majeurs tels la mortalité importante d'adultes ou de jeunes, la disparition d'une portion importante de la population ou l'échec général de la nidification.

4. *DISCUSSION ET ÉVALUATION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX POUR LE CONTEXTE QUÉBÉCOIS*

Selon nos résultats et ceux des études citées au chapitre 2, il semble concluant que le malathion ne représente pas beaucoup de risque pour les oiseaux mais la situation en est autrement pour les deux autres produits. Une discussion de l'écart qui existe entre le peu d'effets observés dans cette étude et l'extrême toxicité du carbofuran et de l'azinphos-méthyl précède alors l'évaluation des risques environnementaux des produits au Québec.

4.1 AZINPHOS-MÉTHYL

4.1.1 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Les résultats de l'étude ont indiqué clairement une réduction de la biomasse de nourriture disponible dans les vergers traités et les onnées sur l'inhibition de la cholinestérase suggèrent fortement que les Bruants chanteurs résidents du verger traité furent exposés au produit. Néanmoins, l'ensemble de nos résultats n'indiquent aucun effet nocif sur leur survie et celle de leur nichée. La seule exception serait la densité des nids dans les vergers traités versus non traités mais l'azinphos-méthyl ne peut être retenu comme cause de cette baisse d'effectifs puisque nous ne pouvons ignorer l'impact vraisemblable des déplacements de machinerie à l'intérieur des vergers traités ainsi que d'autres explications possibles.

On est en mesure de proposer quelques explications suite à une considération détaillée de la littérature ainsi qu'une analyse de nos résultats et observations. Elles diffèrent d'une espèce à l'autre mais dans leur ensemble, elles semblent être les plus plausibles explications des résultats.

SITES D'ALIMENTATION

Les sites d'alimentation des espèces étudiées semblent primordiaux dans l'explication de nos résultats. On peut émettre l'hypothèse que les oiseaux étaient rarement exposés aux invertébrés contaminés par un pesticide pour la simple raison que, suite à un arrosage, la quantité d'invertébrés est de beaucoup réduite et que les oiseaux doivent nécessairement s'alimenter ailleurs. Le fait qu'il y a eu très peu d'invertébrés dans le verger arrosé (section 3.4.3) semble appuyer l'idée que les oiseaux n'avaient que peu d'occasions de consommer des insectes contaminés.

Le phénomène de déplacement hors de l'endroit arrosé fut noté par Johnson, et al. (1976) pour une population de Merles d'Amérique nichant dans un verger et proposé comme l'explication principale de l'absence d'un effet quelconque sur les oiseaux. Nous avons également noté, pour les Merles d'Amérique et occasionnellement pour d'autres espèces, de tels voyages pour s'alimenter hors des vergers. Grue, et al. (1986) citent sept autres études au sujet d'une telle flexibilité alimentaire. Ce dernier auteur note toutefois que, sous certaines conditions, et pour des raisons environnementales, comportementales ou physiologiques, des oiseaux pourraient être contraints à consommer la nourriture contaminée. Un tel situation pourrait se produire seulement lors des années où la nourriture, dans le milieu naturel, se fait rare.

Les oiseaux dans les vergers possiblement évitent alors les lieux arrosés lors des courtes périodes où le risque de contamination est élevé. De plus, ils évitent peut-être de manger des insectes morts ou moribonds, présumément les plus contaminés. Grue, et al. (1986) citent cinq études qui ont documenté la consommation d'insectes morts ou moribonds par des oiseaux mais l'importance de ce phénomène reste à confirmer. Selon Bennett et Prince (1981), lorsqu'ils ont le choix, les oiseaux en captivité évitent la nourriture traitée avec un pesticide. Ces explications hypothétiques devraient être considérées lors d'études futures.

CALENDRIER DE L'ÉTUDE ET DES ARROSAGES

Avant que l'étude ne commence dans les vergers à la fin de mai, il y avait déjà eu trois ou quatre arrosages d'azinphos-méthyl (annexe 1) comparativement à deux ou trois pendant l'étude elle-même. On peut aussi noter le fait qu'il y eu des arrosages d'insecticides en juillet après la fin de l'étude.

Le fait que les arrosages soient surtout concentrés tôt dans le mois de mai a deux conséquences importantes. D'une part, il y a très peu d'oiseaux qui nichent dans ou près des vergers à cette période de l'année. Ceci a probablement pour effet de diminuer de beaucoup l'effet sur les oiseaux parce que, hors de leur période de nidification, les oiseaux sont moins restreints à un endroit fixe et leur exposition aux pesticides est en conséquence moins importante. De plus, nous avons déjà suggéré (section 2.1.2) que les oisillons pourraient être plus sensibles que les adultes aux effets des pesticides.

Deuxième conséquence possible, il se peut qu'on ait manqué certains effets qui ont eu lieu avant ou après la période d'étude. On peut, par exemple, évoquer la possibilité d'une mortalité non documentée, d'effets sur les oiseaux de passage dans la région ou des effets sur les quelques oiseaux au nid à cette période (exemple: les Étourneaux sansonnets et quelques Merles d'Amerique avant l'étude et quelques espèces, comme le Jaseur des cèdres et le Chardonneret jaune, après l'étude).

Néanmoins, pour la majorité d'oiseaux résidant dans les vergers étudiés, la période de nidification semble avoir une certaine importance dans l'explication de l'absence d'un effet. Leur période de nidification (voir les figures de phénologie de l'annexe 2) ne chevauche pas la période pendant laquelle la plupart des insecticides sont appliqués.

RÉGIME ALIMENTAIRE

On peut aussi proposer comme explication le régime alimentaire, un facteur qui s'applique peut-être uniquement au Chardonneret jaune. Cette espèce est d'un intérêt particulier parce qu'étant de loin l'espèce la plus commune dans les vergers. Cette espèce n'avait pas commencé à nicher à la fin de l'étude et était alors presque 100% granivore. Donc, elle aurait échappé à toute contamination provenant d'invertébrés. L'examen d'un échantillon de 65 adultes, avant et après les arrosages, n'a indiqué aucun effet sur la condition physique des adultes. Mais, un cerveau de Chardonneret jaune prélevé 45 heures après un arrosage, montrait un niveau d'activité de la cholinestérase légèrement en bas de celui prélevé dix jours plus tard (section 3.2.3).

4.1.2 RISQUES ENVIRONNEMENTAUX DE L'AZINPHOS-MÉTHYL

Les résultats de cette étude permettent de conclure à l'absence d'un effet majeur sur les oiseaux des vergers de pommiers. Toutefois, on ne peut pas complètement écarter la possibilité d'effets hors de la période d'étude.

On peut conclure tentativement que pour la grande majorité des oiseaux des vergers, l'utilisation d'azinphos-méthyl ne représente pas un problème important à leur égard à cause de leur période de nidification et leurs lieux d'alimentation. Le potentiel d'effets importants existe pour les espèces ou individus qui nichent tôt ou tard dans la saison et pour ceux qui sont, pour diverses raisons, contraints à s'alimenter dans les vergers suivant les arrosages.

Les autres cultures au Québec où l'azinphos-méthyl est le plus couramment utilisé sont celles des petits fruits et de la pomme de terre (Boudier, 1988). En se basant sur les informations disponibles en Cossette, et al. (1988), il appert que les risques environnementaux dans ces cultures sont moindres que dans les vergers. Ceci est dû à deux raisons. La première est basée sur nos observations dans les champs de fraises; il est peu probable que les oiseaux s'alimentent aussi souvent dans les champs de petits fruits et de pommes de terre que dans les vergers (tableaux A-2 et A-3 de l'annexe 3). L'autre raison consiste en l'application d'azinphos-méthyl dans ces cultures avec un pulvérisateur à rampe diminuant ainsi la contamination des habitats à proximité. Un important risque environnemental pour les cultures autres que celle de la pomme existe seulement si les oiseaux s'alimentent souvent dans les champs et si la période d'arrosages coïncide avec celle de la nidification.

4.2 MALATHION

Comme mentionné précédemment, l'absence de résultats indiquant un effet nocif attribuable au malathion semble bien s'accorder avec l'information disponible par le Groupe d'évaluation des pesticides.

Il est toutefois important de rappeler que le produit fut retenu par Cossette, et al. (1988) surtout pour son potentiel cancérigène pour l'homme. Même si on croit que des risques à court terme sont minimes, les risques à long terme pour la santé des oiseaux sont inconnus.

4.3 CARBOFURAN

4.3.1 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Le seul arrosage de carbofuran a été effectué à la fin de mai, soit dans des champs de fraises ou navets. Les seules données pertinentes proviennent de nos suivis de cinq nids exposés à l'insecticide lors de la période de couvaison. Aucun effet ne fut apparent mais les échantillons sont petits.

Bien qu'on ait peu de données ayant rapport à l'effet du carbofuran, notre présence quotidienne dans le milieu nous permet de constater qu'il ne semble pas y avoir eu un impact important sur les oiseaux. La seule exception a été un Bruant des prés trouvé moribond mais qui par la suite semble avoir récupéré complètement. On n'a pas observé de mortalité, d'émigration, d'autres comportements anormaux ni de changements territoriaux.

En plus des explications notées ci-dessous, presque tous les méchanismes évoqués pour l'azinphos-méthyl s'appliquent probablement au carbofuran. Par exemple, le calendrier de l'étude n'a peut-être pas permis de documenter tous les effets possibles. Également, la période de nidification d'oiseaux résidant à l'intérieur de l'aire d'étude survient surtout après l'arrosage du carbofuran à la fin de mai.

SITES D'ALIMENTATION

Les observateurs ont fréquemment noté que les champs de fraises sont rarement fréquentés par les oiseaux (voir le tableau A-1 de l'annexe 2). L'habitat adjacent aux champs, c'est-à-dire les fossés et les lisières d'arbustes, était beaucoup plus propice pour les oiseaux. Cela était en partie imputable à un meilleur recouvrement végétal mais aussi à une plus grande abondance de nourriture disponible (voir la section 3.4.3).

MÉTHODES D'APPLICATION ET FORMULATION D'INSECTICIDES

Cette explication retient notre attention seulement pour le carbofuran. L'arrosage des produits aux pommeraies a été effectué avec un pulvérisateur pneumatique qui a pour effet d'assurer un bon épandage du pesticide sur les habitats environnants. L'arrosage aux champs de fraises a été effectué à l'aide d'un pulvérisateur à rampe qui applique le produit très près du sol à un tel point qu'à notre avis, il n'y avait presque aucune contamination des fossés même immédiatement à côté des champs. Notre échantillonnage d'invertébrés dans un fossé à côté d'un champ fraîchement arrosé au malathion (1.4.3), semble appuyer cette observation. D'ailleurs, selon le Conseil National de recherches du Canada (C.N.R.C., 1980), la concentration d'exposition des oiseaux au carbofuran est relativement faible lors de pulvérisations au sol mais le danger peut s'accroître grandement lors d'applications aériennes.

La formulation du produit pourrait être déterminante pour sa toxicité. La formulation utilisée aux champs de fraises pour le carbofuran est une pâte fluide mélangée à de l'eau pour former la bouillie. Cette formulation n'est certainement pas sans danger (C.N.R.C, 1980) mais il est à noter que c'est la forme granulaire qui a été responsable pour la plupart des cas connus de mortalité accidentelle chez les oiseaux.

4.3.2 RISQUES ENVIRONNEMENTAUX DU CARBOFURAN

On n'a pas raison, selon les résultats apportés par notre étude, de craindre un impact important sur les oiseaux des champs de fraises. Dans ces champs, les facteurs importants qui diminuent les risques environnementaux du carbofuran sont le fait que le produit est arrosé tôt dans la saison avant que la majorité des oiseaux niche et que l'application est très locale. On ne peut pas écarter la possibilité de mortalité suite à des arrosages mais il faut noter à cet égard, que presque tous les cas de mortalité attribués à ce produit ont résulté de l'utilisation de la formulation granulaire plutôt que liquide.

On peut émettre l'hypothèse que la méthode d'application associée au fait que les oiseaux fréquentent très peu les champs de fraises réduit considérablement les dangers de ce produit pour les oiseaux dans et près des champs.

Les autres cultures québécoises où le carbofuran est utilisé sont celles du maïs sucré et du rutabaga ainsi que sur plusieurs autres cultures (tableau 1). Les risques environnementaux pour la majorité de ces cultures sont probablement semblables aux risques associés à la culture des fraises. Le risque pour chaque culture dépend toutefois des dates d'arrosages et de la fréquence avec laquelle les oiseaux fréquentent les champs en question.

La culture du maïs représente un cas spécial. L'application de carbofuran dans cette culture se fait au moyen de pulvérisations aériennes (Cossette, et al., 1988). Contrairement aux autres cultures il y a donc un plus grand risque de contaminer les lieux environnant les champs.

5. *RECOMMANDATIONS*

Toute étude subséquente concernant l'impact de l'usage de pesticides sur les oiseaux devrait prendre en considération les éléments suivants: choix de la culture et du pesticide, choix des espèces et choix des méthodologies.

5.1 CHOIX DE LA CULTURE ET DU PESTICIDE

Le choix d'une culture et d'un pesticide à étudier doit rencontrer les exigences suivantes:

- Utilisation d'insecticides de toxicité élevée (selon Cossette, et al., 1988; Smith, 1987; Boudier, 1988 et d'autres sources appropriées).
- Dans le cas où la culture est peu fréquentée par les oiseaux, utilisation de produits de manière à ce que le produit contamine les lieux environnants.
- Utilisation d'insecticides lors de la période de nidification des espèces qui fréquentent la culture.
- Être caractérisé par les étendues de relativement grande envergure afin d'éviter une situation où les oiseaux peuvent facilement éviter les champs arrosés.
- Être une culture d'importance au Québec.

5.2 CHOIX DES ESPÈCES

Les espèces d'oiseaux retenues pour l'étude doivent être en période de nidification pendant la période prévue pour les arrosages. Elles doivent aussi être choisies en tenant compte de la méthodologie retenue. L'étude doit être consacrée à relativement peu d'espèces à cause des problèmes inhérents à une étude consacrée à toutes les espèces présentes dans un milieu donné.

Toutes les espèces peu communes peuvent être préalablement exclues ainsi que celles qui risquent fortement de s'alimenter ou de nicher ailleurs que dans ou aux environs de la culture à l'étude. Pour les vergers de pommiers et les champs de fraises, les tableaux A-2 et A-3 de l'annexe 3 s'avèrent un outil fort utile dans ce sens.

5.3 CHOIX DES MÉTHODES

Nous avons déjà suggéré dans la section des résultats quelques recommandations concernant les approches utilisées lors de cette étude. Cette section présente un court sommaire de ces recommandations. De plus, nous suggérons que toute étude ultérieure considère les recommandations finales qui proviendront du International Workshop on Terrestrial Field Testing of Pesticides tenu à Selwyn College, Cambridge, Grande-Bretagne du 12 au 15 septembre 1988.

Pour les raisons citées ailleurs dans le texte, nous ne pouvons pas recommander les méthodes suivantes à moins que des informations disponibles suggèrent qu'une d'elles soit particulièrement appropriée: la recherche d'oiseaux morts, le taux de croissance des jeunes, l'observation de comportements anormaux sur le terrain, le calcul de la densité des nids et l'étude de la distribution et du remaniement des territoires.

La recherche de nids, quoique exigeant un grand effort sur le terrain en termes de personnes-heures, demeure une partie essentielle de toute étude qui veut constater l'effet d'un pesticide sur une population nicheuse d'oiseaux. Autant que possible, la recherche devrait être restreinte à peu d'espèces afin de concentrer l'effort sur les espèces clés. Le succès reproducteur, c'est-à-dire le suivi de la mortalité des oeufs ou des jeunes, ainsi que l'observation de nourrissage au nid demeurent des approches à privilégier.

Parmi les autres méthodes expérimentées lors de cette étude, l'analyse de l'inhibition de la cholinestérase est fortement recommandée. L'échantillonnage d'invertébrés, effectué de façon à répondre à des questions très spécifiques de disponibilité de nourriture pourrait aussi être intéressant.

Quelques méthodes, quoique non testées lors de la présente étude, sont aussi suggérées: l'installation de nichoirs artificiels (surtout dans le cas de l'Étourneau sansonnet dans les vergers; voir aussi les études de Powell et Gray, 1980; Grue, et al., 1982; Grue et Shipley, 1984), l'observation du comportement alimentaire sur le terrain et l'analyse de résidus de pesticide.

CONCLUSION

La présente étude concerne l'effet sur les oiseaux de pesticides utilisés dans les pommeraies et les fraiseraies. Les principaux insecticides employés sur ces cultures sont l'azinphos-méthyl et le malathion, deux organo-phosphorés, ainsi que le carbofuran, un carbamate.

A une échelle restreinte et à titre expérimental, plusieurs méthodes furent mises à l'épreuve. En ce qui concerne les effets au plan de la mortalité, nous avons suivi le progrès de plusieurs nids afin de documenter la mortalité des oeufs ou des oisillons. La recherche d'oiseaux morts fut aussi effectuée quoique de façon non systématique. Au plan des effets physiologiques, nous avons effectué des prélèvements de sang et de cerveaux afin de tester le niveau d'inhibition de la cholinestérase. D'autres paramètres physiologiques considérés furent la condition physique des adultes et la croissance des jeunes au nid. On a étudié au niveau des effets comportementaux le comportement au nid (nombre de visites et quantité de nourriture apportée) et noté tout comportement anormal sur le terrain. Finalement, les effets au niveau de la population qui ont retenu notre attention furent: la densité relative de nids dans divers habitats, les remaniements territoriaux et la capacité de support du milieu. Ce dernier aspect fut abordé par le biais d'un échantillonnage restreint d'invertébrés.

Quoique basés sur de très petits échantillons, les résultats indiquent peu d'effet même en ce qui concerne les insecticides azinphos-méthyl et carbofuran, reconnus pour leur toxicité. Les raisons apportées pour expliquer ces résultats sont les suivantes: les lieux d'alimentation et de nidification des oiseaux sont peu exposés aux insecticides; le calendrier de l'étude nous n'a pas permis d'assister à tous les arrosages d'insecticides toxiques et finalement, en ce qui concerne les champs de fraises, l'arrosage très local ne contamine pas les habitats en périphérie des champs.

Les risques environnementaux des insecticides étudiés furent abordés pour le contexte québécois. Dans les pommeraies, l'azinphos-méthyl ne semble pas représenter un grave danger pour les oiseaux mais des études plus poussées devraient permettre d'apporter plus d'informations à ce sujet. A cause des méthodes d'arrosage et des habitudes alimentaires des oiseaux de champ, le danger est jugé moindre pour les autres cultures au Québec où l'azinphos-méthyl est utilisé (cultures des petits fruits et de la pomme de terre).

Le malathion ne semble pas poser de risque environnemental pour les oiseaux au Québec. La situation demeure essentiellement incertaine pour le carbofuran dans les champs de fraises. Les risques que représentent le carbofuran dans d'autres cultures au Québec sont probablement semblables à ceux dans les champs de fraises mais l'épandage aérien du carbofuran dans les champs de maïs pourrait représenter une situation particulièrement inquiétante.

BIBLIOGRAPHIE

ADAMS, P.M. 1977. Effects of anticholinergic and cholinesterase blocking drugs on appetitive behavior under different deprivation techniques. Life Sci. 21: 129-136.

AMERICAN ORNITHOLOGISTS' UNION. 1983. Check-list of North American Birds, 6th Edition. Washington, D.C., American Ornithologists' Union.

AMERICAN ORNITHOLOGISTS' UNION. 1988. Report of Committee on Use of Wild Birds in Research. Auk 105 (1, Suppl.): 1A-41A.

ANDERSON, C.A. et 13 autres collaborateurs. 1974. GUTHION (azinphos-methyl): organophosphorus insecticide. Residue Rev. 51: 123-180.

BÉDARD, J. et M. MEUNIER. 1983. Parental care in the Savannah Sparrow. Can. J. Zool. 61: 2836-2843.

BENNETT, R.S. et H.H. PRINCE. 1981. Influence of agricultural pesticides on food preference and consumption by ring-necked pheasants. J. Wildlife Mgmt. 45: 74-82.

BLACK, C.T. et G.L. ZORB. 1967. The insecticide malathion - is it safe for birds? Résumé non publié d'une conférence donnée au 14ième Congrès international d'ornithologie à Oxford, Grande-Bretagne, 1966.

BOUDIER, H. 1988. Profil socio-économique et utilisation des pesticides chez les producteurs utilisant les méthodes conventionnelles, la lutte intégrée et l'agriculture écologique: le cas des producteurs de fruits et légumes au Québec. Rapport présenté à Environnement Canada par Aserne Consultants Enr.

BRISBIN, I.L., Jr., C.T. Collins, G.G. White et D.A. McCALLUM. 1987. A new paradigm for the analysis and interpretation of growth data: the shape of things to come. Auk 104: 552-554.

BROWN, A.W.A. 1978. Ecology of pesticides. Toronto, John Wiley and Sons.

CHEMICAL AND PHARMACEUTICAL PRESS. 1987. Crop Protection Chemicals Reference. Paris, Chemical and Pharmaceutical Publishing Company.

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA. 1980. Carbofurane: critères pour interpréter les effets de son utilisation sur l'état de l'environnement. Conseil national de recherches du Canada, Conseil associé au C.N.R.C. sur les critères scientifiques concernant l'état de l'environnement.

COPELAND, B.E. 1974. Statistical tools in clinical pathology. Pp. 1-14 in Clinical diagnosis by laboratory methods (I. Davidson et J.B. Henry, éds). Philadelphia, W.B. Saunders Co.

COSSETTE, D., I. GIROUX, R. POULIN et collaborateurs. 1988. Recueil des principaux pesticides en usage au Québec. Trois volumes. Rapport confidentiel préparé par SAGE Ltée pour Environnement Canada.

EDWARDS, P.J., S.M. BROWN, M.R. FLETCHER et P.I. STANLEY. 1979. The use of a bird territory mapping method for detecting mortality following pesticide application. Agro-ecosystems 5: 271-282.

ELLMAN, G.L., K.D. COURTNEY, V. ANDRES, JR. et R.M. FEATHERSTONE. 1961. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. Biomedical Pharmacology 7: 88-95.

GILES, R.H. 1970. The ecology of a small forested watershed treated with the insecticide malathion-S35. Wildl. Monog. 24: 81 pp.

GRUE, C.E. 1982. Response of common grackles to dietary concentrations of four organophosphate pesticides. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 11: 617-626.

GRUE, C.E. et B.K. SHIPLEY. 1981. Interpreting population estimates of birds following pesticide applications - behavior of male starlings exposed to an organophosphate pesticide. Stud. Avian. Biol. 6: 292-296.

GRUE, C.E., G.V.N. POWELL et M.J. McCHESNEY. 1982. Care of nestlings by wild female starlings exposed to an organophosphate pesticide. J. Appl. Ecol. 19: 327- 335.

GRUE, C.E., et al. (dix autres auteurs). Potential impacts of agricultural chemicals on waterfowl and other wildlife inhabiting prairie wetlands: an evaluation of research needs and approaches. Trans. North Amer. Wildlife Nat. Res. Conf. 51: 357-383.

HILL, E.F. 1988. Brain cholinesterase activity of apparently normal wild birds. J. of Wildlife Diseases 24: 51-61.

HILL, E.F., D.A. ELIASON et J.W. KIRKPATRICK. 1971. Effects of ultra-low volume applications of malathion in Hale County, Texas. III. Effect on non-target animals. J. Med. Entom. 8(2): 173-179.

HILL, E.F. et W.J. FLEMING. 1982. Anticholinesterase poisoning of birds: field monitoring and diagnosis of acute poisoning. Environ. Toxicol. Chem. 1: 27-38.

HOFFMAN, D.J. et W.C. EASTIN. 1981. Effects of malathion, diazinon and parathion on mallard embryo development and cholinesterase activity. Environ. Research 26: 472-485.

HUDSON, R.H., R.K. TUCKER et M.A. HAEGELE. 1984. Handbook of toxicity of pesticides to wildlife, 2nd Edition. Washington, D.C., United States Fish and Wildlife Service, Resource Publication 153.

HUNT, E.G. et J.O. KEITH. 1963. Pesticide-wildlife investigations in California - 1962. Proc. 2nd Annual Conf. on the Use of Agr. Chem. in Calif. 29 pages.

INTERNATIONAL BIRD CENSUS COMMITTEE (I.B.C.C.). 1970. An international standard for a mapping method in bird census work recommended by the International Bird Census Committee. Aud. Field Notes 24: 722-726.

JOHNSON, D.H., G.L. KRAPU, D.J. REINECKE et D.G. JORDE. 1985. An evaluation of condition indices for birds. J. Wildlife Mgmt. 49(3): 569-575.

JOHNSON, E.V., L.M. GUILFORD et D.Q. THOMPSON. 1976. The effects of orchard pesticide applications on breeding robins. Wilson Bull. 88(1): 16-35.

KENNEDY, S. 1988. Sampling and storage of avian blood for cholinesterase analysis. Document non publié préparé à l'intention de J.-L. DesGranges, Environnement Canada.

LEVIN, H.S. et R.L. RODNITZKY. 1976. Behavioral effects of organophosphate pesticides in man. Clin. Toxicology 9: 391-405.

MARTIN, A.D., G. NORMAN, P.I. STANLEY et G.E. WESTLAKE. 1981. Use of reactivation techniques for the differential diagnosis of organophosphorus and carbamate pesticide poisoning in birds. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 10: 391-405.

McEWEN, L.C. 1982. Review of grasshopper pesticides versus rangeland wildlife and habitat. Pages 362-382 in Proceedings of the wildlife-livestock relationship symposium. Coeur d'Alene, Univ. Idaho For. Wild. Range Exp. Stn.

McEWEN, L.C. et R.L. BROWN. 1966. Acute toxicity of dieldrin and malathion to wild sharp-tailed grouse. J. Wildlife Mgmt. 30(3): 604-611.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC. 1986. Pour une utilisation rationnelle des pesticides au Québec. Document de support à la préconsultation.

MINEAU, P. et B.T. COLLINS. 1988. Avian mortality in agro-ecosystems. II. Methods of detection. Pages 13-28 in Field methods for the study of environmental impacts of pesticides (M.P. Greaves, P.W. Greig-Smith et B.D. Smith, éds). Thornton Heath, Grande-Bretagne, British Crop Protection Council Monograph No. 40.

O'BRIEN, R.D. 1976. Acetylcholinesterase and its inhibition. Pages 271-296 in Insecticide biochemistry and physiology (C.F. Wilkinson, éd.). New York, Plenum Press.

OUELLET, H. et M. GOSSELIN. 1983. Les noms français des oiseaux d'Amérique du Nord. Ottawa, Musées nationaux du Canada.

PARSON, J.K. et B.D. DAVIS. 1971. The effects on quail, migratory birds and nongame birds from application of malathion and other insecticides. Tex. Parks Wild. Dep. Tech. Ser. 8: 20 pages.

PEARCE, P.A. et D.G. BUSBY. 1980. Reesearch on the effects of fenitrothion on the white-throated sparrow. Pages 24-27 in Environmental surveillance in New Brunswick 1978-1979. Effects of spray operations for forest protection against spruce budworm (I.W. Varty, éd.). Fredericton, N.-B., Committee for environmental monitoring of forest insect control operations, Dep. For. Res. Univ. New Brunswick.

POWELL, G.V.N. et D.C. GRAY. 1980. Dosing free-living nestling starlings with an organophosphate pesticide, famphur. J. Wildlife Mgmt. 44: 918-921.

PUTERA, J.A., A. WOLF et W.D. KLIMSTRA. 1985. Mourning Dove use of orchards in southern Illinois. Wild. Soc. Bull. 13(4): 496-501.

RISEBROUGH, R.W. 1986. Pesticides and bird populations. Curr. Ornithol. 3: 397-427.

SCHERRER, B. 1984. Biostatistique. Chicoutimi, Gaétan Morin, éditeur, 850 pp.

SMITH, G.J. 1987. Pesticide use and toxicology in relation to wildlife: organophosphorus and carbamate compounds. Washington, D.C., United States Fish and Wildlife Service, Resource Publication 170.

ZACH, R. 1988. Growth-curve analysis: a critical reevaluation. Auk 105: 208-210.

ZACH, R. et K.R. MAYOH. 1986. Gamma-radiation effects on nestling House Wrens: a field study. Radiation Research 105: 49-57.

ZORB, G.L. et C.T. BLACK. 1965. Effects of diazinon and guthion on penned pheasants. In Patuxent Wildlife Research Centre Annual Admin. Report. Laurel, Md., United States Fish and Wildlife Service.

ANNEXE 1
ARROSAGES DES AIRES D'ÉTUDE

VERGERS DE POMMIERS

Une description des arrosages à Frelighsburg sera faite séparément pour les deux sites d'étude principaux, soit VM et VF. Les deux vergers témoins (VR et VL) n'étaient sujets à aucun arrosage. Une liste pour chaque verger indiquant tous les pesticides utilisés ainsi que la quantité de chacun est fournie ci-dessous. La première fois que chaque pesticide apparaît dans la liste, on indique aussi le nom commercial ainsi que le type de pesticide dont il s'agit.

VERGER VM

3 mai : Fongicide dichlone à 0,7 kg/ha
8 mai : Dichlone à 0,7 kg/ha
Insecticide azinphos-méthyl à 1,75 kg/ha
10 mai : Dichlone à 0,7 kg/ha
17 mai : Fongicide captane à 2,5 kg/ha
Acaracide oxythioquinox (Morestan) à 2,25 kg/ha
Azinphos-méthyl à 1,75 kg/ha
19 mai : Captane à 2,5 kg/ha
26 mai : Captane à 2,5 kg/ha
31 mai : Captane à 2,5 kg/ha
Azinphos-méthyl à 1,75 kg/ha

Après l'étude, on a pu constater qu'il y avait eu un traitement de l'insecticide diméthoate (Cygon) au début de juillet. Normalement, le propriétaire applique l'azinphos-méthyl et l'insecticide carbaryle (Sevin) en août, ainsi qu'une application finale de captane. En cas d'infestation importante de mites, il applique, en juillet, l'acaracide cyhexatin (Plictran). Finalement, il applique pour des infestations occasionnelles de la Mineuse de la pomme, les insecticides cyperméthrine ou perméthrine (Ambush).

VERGERS DE LA FERME EXPÉRIMENTALE (VF)

Les arrosages à la ferme expérimentale représentent une situation assez complexe, du fait que chaque verger de la ferme était traité d'une façon unique à cause des expériences en cours. Pour la localisation des parcelles, voir la figure 2.

F centre

25 avril: Dichlone à 1,75 kg/ha
16 mai : Insecticide deltaméthrine (Decis) à 500 ml/ha
17 mai : Fongicide dodine à 3,25 kg/ha
21 mai : Fongicide mancozèbe (Dithane-45) à 6,75 kg/ha
26 mai : Azinphos-méthyl à 2,25 kg/ha
27 mai : Captane à 3,75 kg/ha
3 juin : Fongicode manèbe (Manzate) à 5 kg/ha

G centre-ouest

25 avril: Dichlone à 1,75 kg/ha
16 mai : Azinphos-méthyl à 2,25 kg/ha
17 mai : Dodine à 3,25 kg/ha
21 mai : Captane à 3,75 kg/ha
26 mai : Deltaméthrine à 500 ml/ha
27 mai : Captane à 3,75 kg/ha
3 juin : Captane à 3,75 kg/ha

G centre-est/Aucun insecticide

25 avril: Dichlone à 1,75 kg/ha
17 mai : Dodine à 3,25 kg/ha
21 mai : Mancozèbe à 6,75 kg/ha
27 mai : Captane à 3,75 kg/ha
3 juin : Manèbe à 5 kg/ha

Empire 81

25 avril: Dichlone à 1,75 kg/ha
5 mai : Herbicide paraquat (Gramaxone) à 5,5 l/ha
Herbicide simazine à 4 kg/ha
16 mai : Acaracide dinocap (Karathane) à 300 ml/ha
17 mai : Dodine à 3,25 kg/ha
20 mai : Manèbe à 6,75 kg/ha
27 mai : Captane à 3,75 kg/ha
31 mai : Azinphos-méthyl à 2 kg/ha
11 juin : Manèbe à 5 kg/ha
Simazine à 4 kg/ha
27 juin : Paraquat à 5,5 l/ha

Verger 77

25 avril: Dichlone à 1,75 kg/ha
5 mai : Paraquat à 5,5 l/ha
Herbicide simazine à 4 kg/ha
17 mai : Dodine à 3,25 kg/ha
17 mai : Dinocap à 75 ml/ha (bloc A)
17 mai : Dinocap à 175 ml/ha (bloc B)
20 mai : Manèbe à 6,75 kg/ha
25 mai : Dinocap à 175 ml/ha (bloc C)
27 mai : Captane à 3,75 kg/ha
27 mai : Dinocap à 175 ml/ha (bloc B)
11 juin : Manèbe à 5 kg/ha
27 juin : Paraquat à 5,5 l/ha

I centre

25 avril: Fongicide equal à 1,5 kg/h
17 mai : Dodine à 3,25 kg/ha
21 mai : Captane à 3,75 kg/ha
27 mai : Captane à 3,75 kg/ha
3 juin : Manèbe à 5 kg/ha
11 juin : Dodine à 1,75 kg/ha

Tout le verger fut traité le 20 juillet avec l'azinphos-méthyl à 2 kg/ha. Le verger est divisé en cinq petits blocs qui furent arrosés le 17 mai avec un des insecticides suivants: dinocap à 300 ml/ha, clofentezine (Apollo) à 300 ml/ha ou fenpropathrin (Danitol) à 0,2 kg/ha.

I ouest

25 avril: Equal à 1,5 kg/ha
12 mai : Captafol (Difolatan) à 27l/ha
25 mai : Azinphos-méthyl à 2,25 kg/ha (seulement en périphérie)
3 juin : Captane à 3,75 kg/ha
11 juin : Dodine à 1,75 kg/ha

CHAMPS DE FRAISES

Sur l'île d'Orléans, seuls les champs de fraises d'au moins deux ans étaient arrosés avec un pesticide. Les champs d'un an et ceux en repos n'ont reçu aucun traitement. Sur le site d'étude, il y avait aussi d'autres cultures mélangées avec celle des fraises, mais la plupart d'entre elles n'ont pas reçu de traitement. Les champs de pommes de terre, de céréales et de framboises ne furent pas arrosés avant la fin de l'étude. Les champs de navets ont été arrosés vers la fin de mai.

La figure 4 du texte montre tous les champs arrosés ainsi que les produits et les dates d'arrosage. Les insecticides utilisés étaient le carbofuran (Furadan) et le malathion. Les fongicides utilisés étaient l'anilazine (Dyrene - uniquement sur un champ de fraises), le cyperméthrine (Cymbush) et le chlorothalonil (Bravo 500). Les quantités de pesticides utilisées étaient de 4 kg/ha pour le malathion et de 0,5 l/ha pour le carbofuran.

ANNEXE 2
PHÉNOLOGIE, EXPOSITION AUX PESTICIDES ET SUCCÈS REPRODUCTEUR DES NIDS TROUVÉS LORS DE L'ÉTUDE

NOTES EXPLICATIVES POUR LES FIGURES ET TABLEAUX

Les figures A-2 à A-7 présentent, pour chaque nid de toutes les espèces principales, la phénologie, l'exposition aux pesticides et les interventions des observateurs. La figure A-1 est une explication des symboles utilisés dans les graphiques. Les figures montrent tous les arrosages d'insecticides, fongicides ou acaracides aux environs des nids.

Finalement, le tableau A-1 permet de résumer le succès reproducteur de chaque nid trouvé lors de l'étude.

Pour plus de renseignements concernant les arrosages autour de chaque nid, il faudrait référer à l'annexe 1. Pour les champs de fraises, la localisation de chaque nid se trouve à la figure 3 du texte. Pour les nids des pommeraies, les deux premières lettres du nom du nid indique le verger où il a été trouvé. Pour les nids du verger VF, la parcelle du verger est aussi indiquée au tableau A-1, étant donné que les arrosages étaient différents d'une parcelle à l'autre.

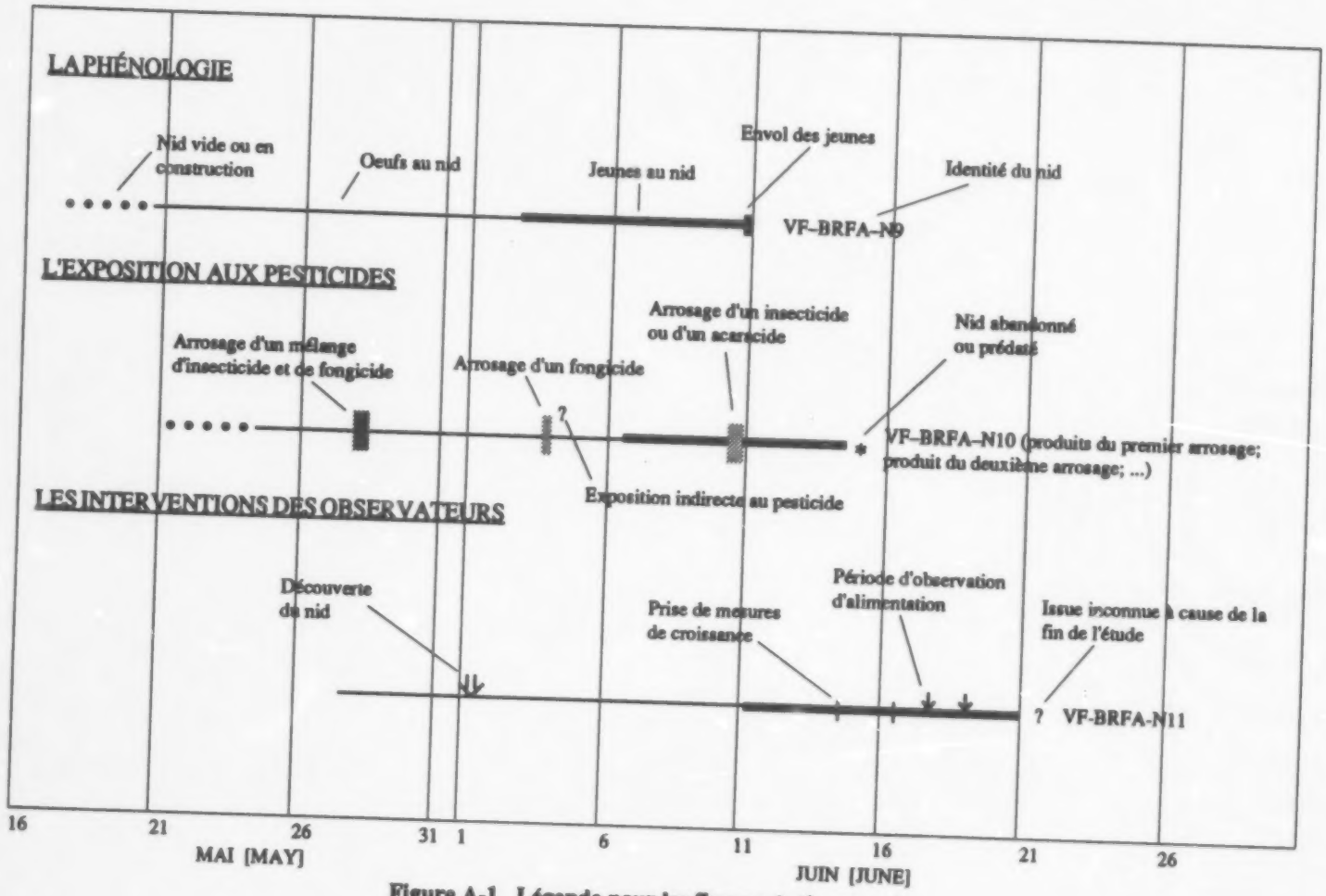


Figure A-1. Légende pour les figures de l'annexe 2

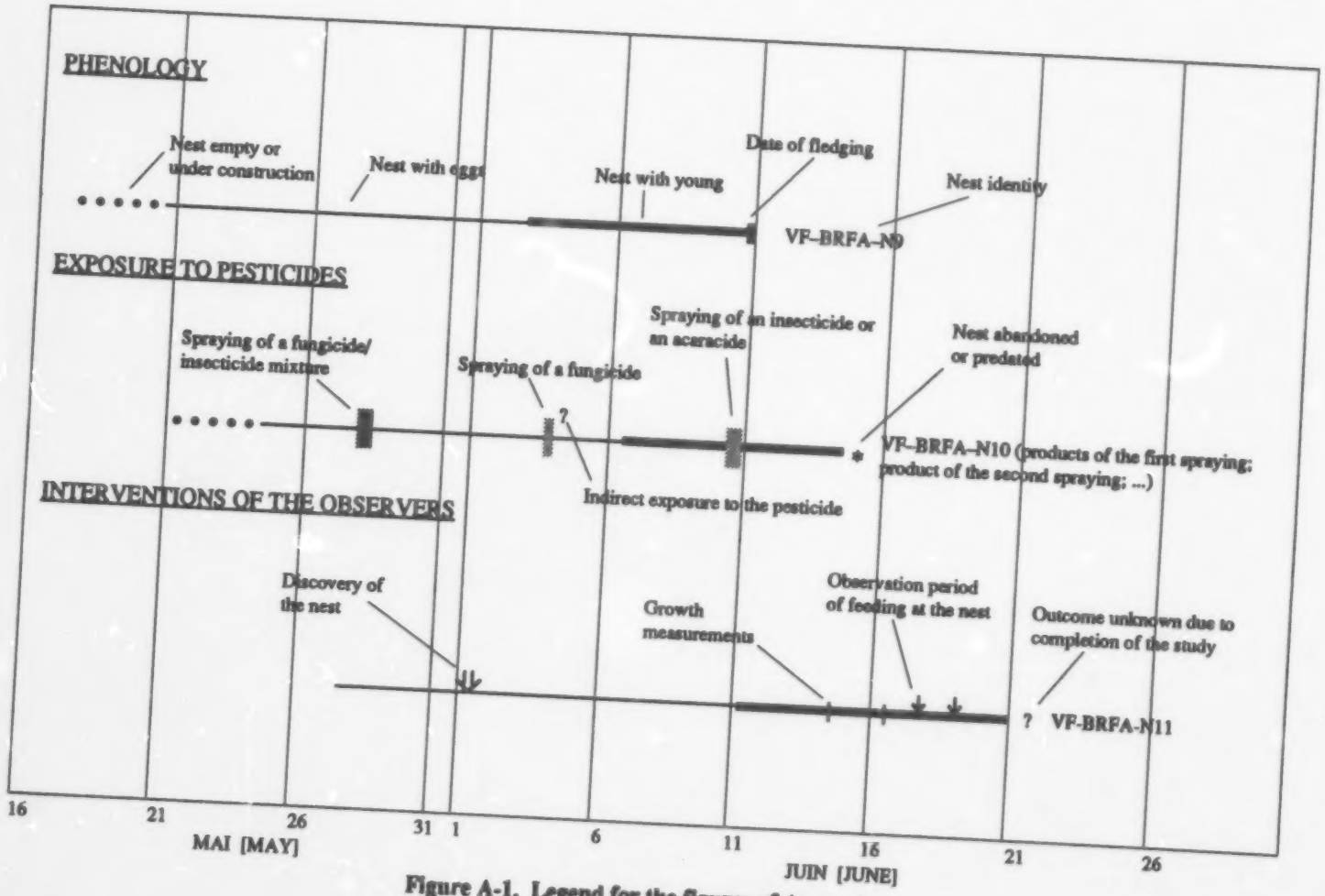


Figure A-1. Legend for the figures of Annex 2

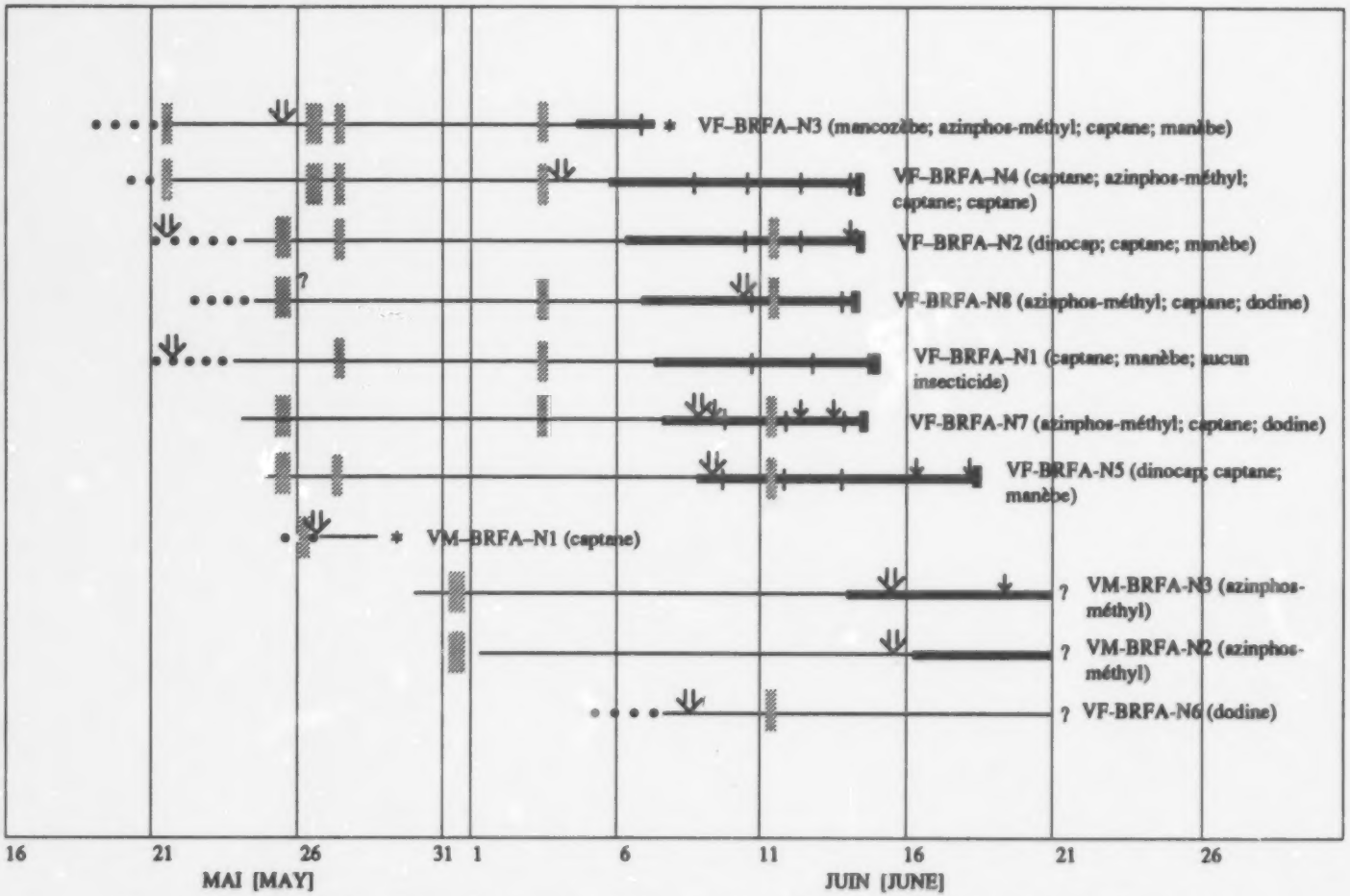


Figure A-2. Phénologie et l'exposition aux pesticides des nids de Bruant familier des vergers de pommiers [Phenology and exposure to pesticides of Chipping Sparrow nests in apple orchards]

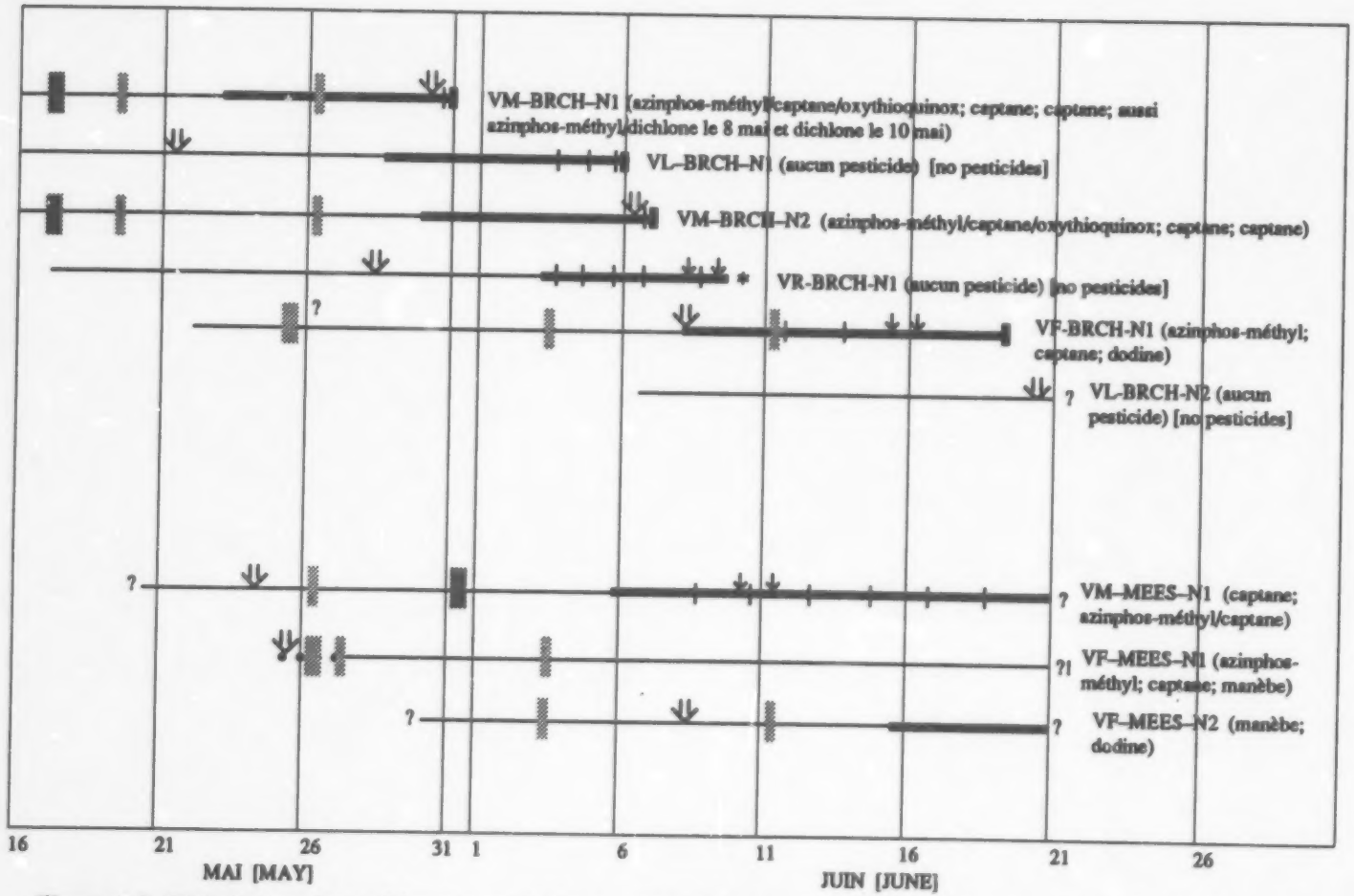


Figure A-3. Phénologie et l'exposition aux pesticides des nids de Bruant chanteur et de Merle-bleu de l'Est des vergers de pommiers [Phenology and exposure to pesticides of Song Sparrow and Eastern Bluebird nests in apple orchards]

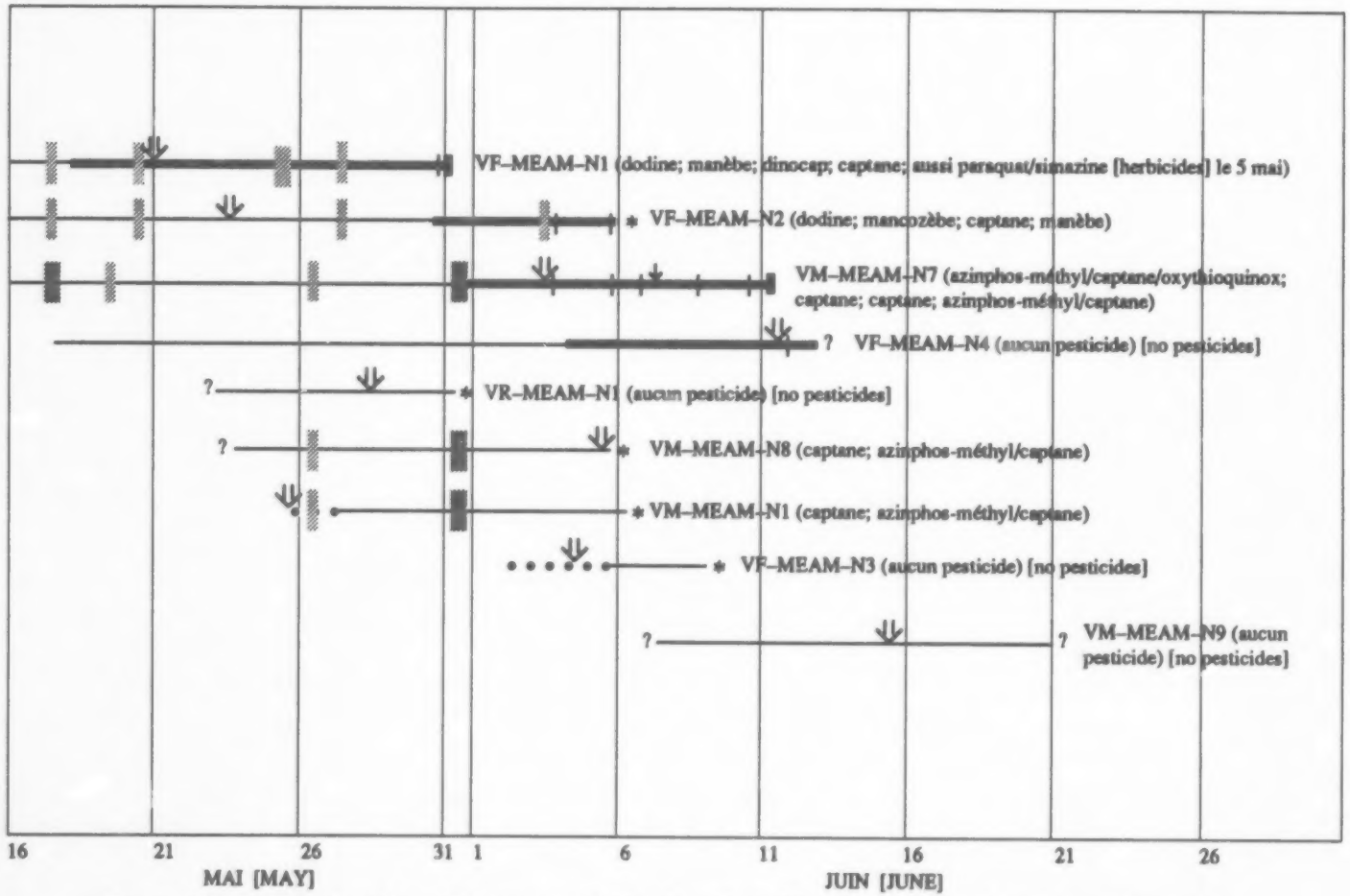


Figure A-4. Phénologie et l'exposition aux pesticides des nids de Merle d'Amérique des vergers de pommiers [Phenology and exposure to pesticides of American Robin nests in apple orchards]

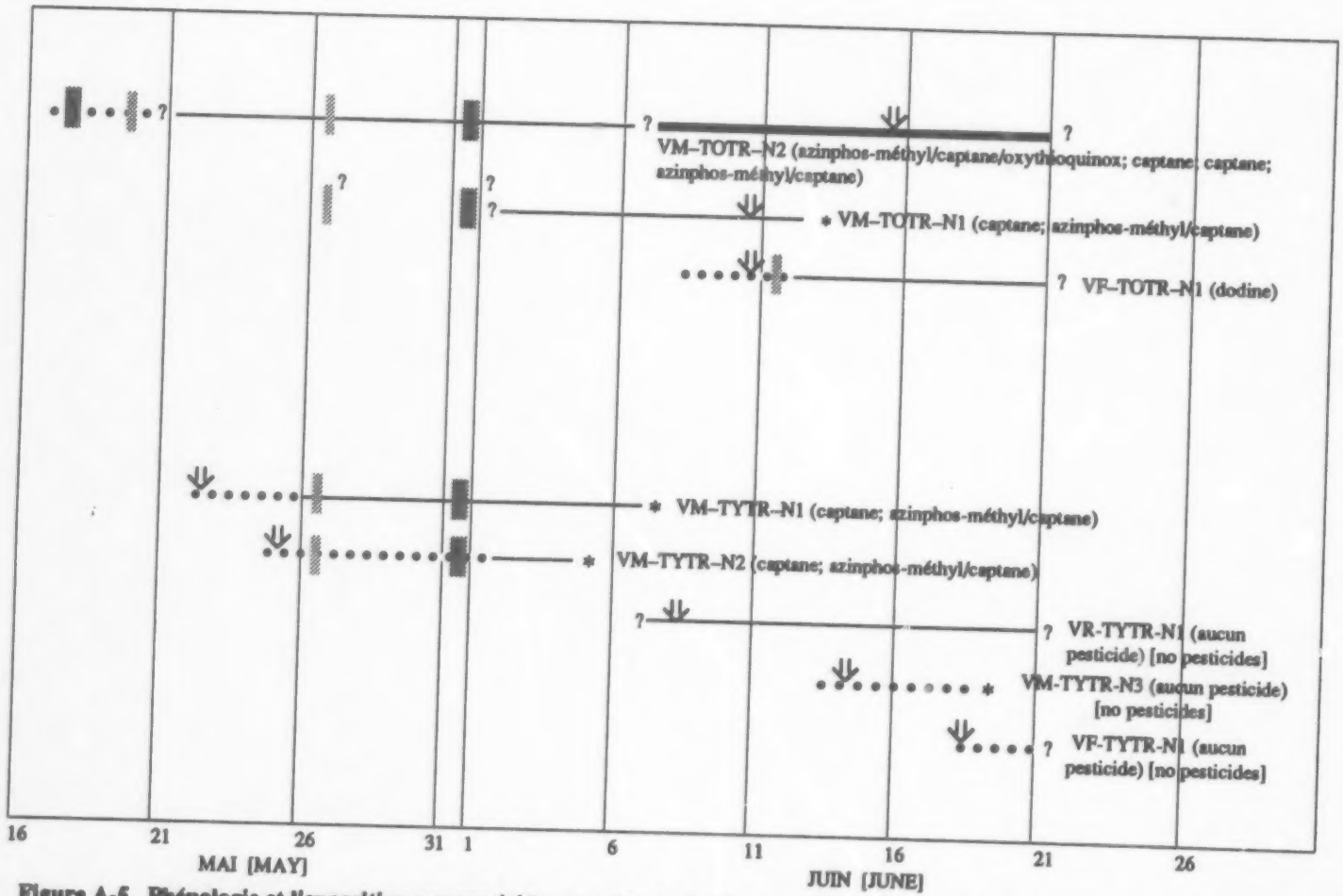


Figure A-5. Phénologie et l'exposition aux pesticides des nids de Tourterelle triste et de Tyran tritri des vergers de pommiers [Phenology and exposure to pesticides of Mourning Dove and Eastern Kingbird nests in apple orchards]

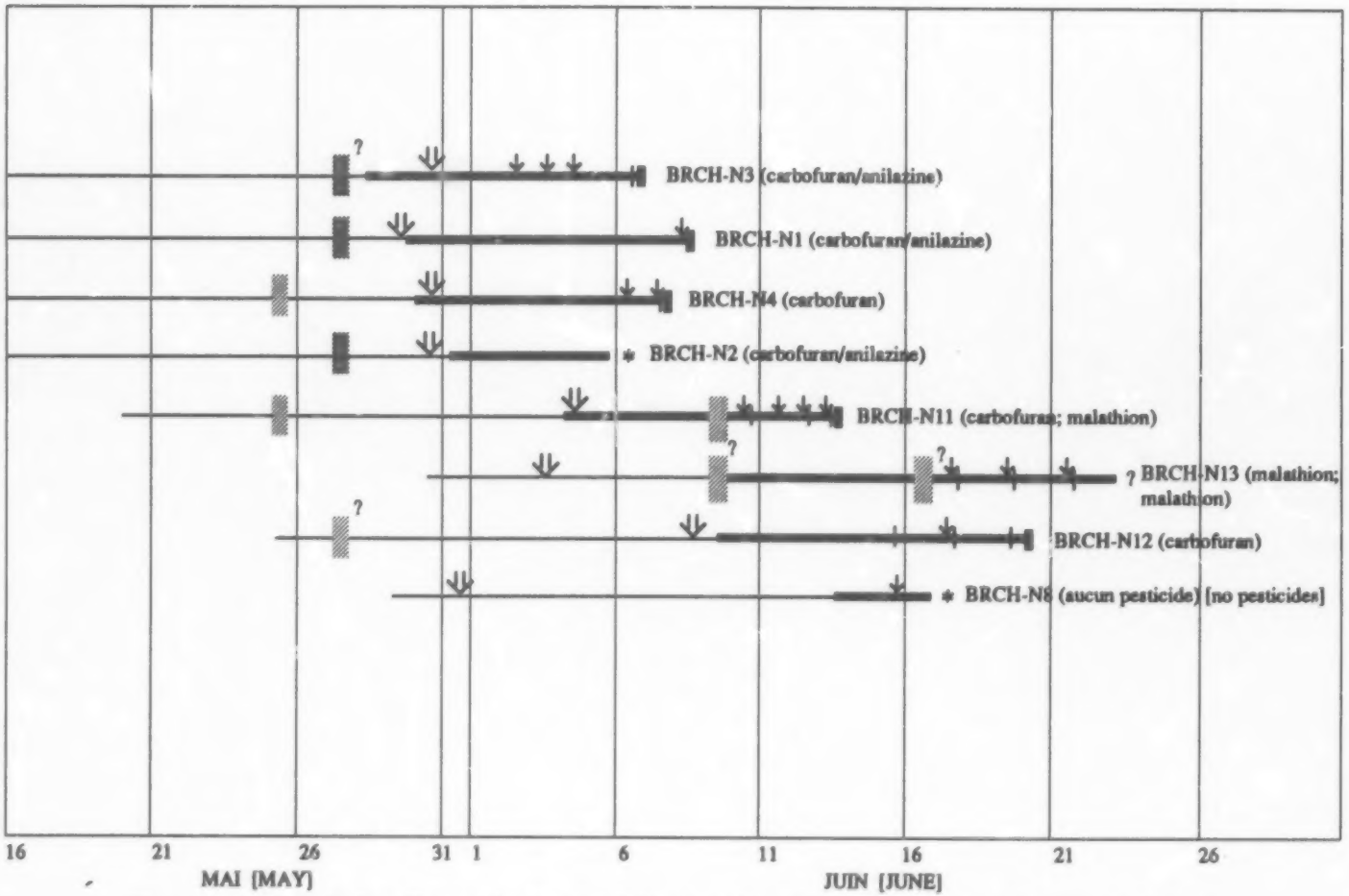


Figure A-6. Phénologie et l'exposition aux pesticides des nids de Bruant chanteur des champs de fraises [Phenology and exposure to pesticides of Song Sparrow nests in strawberry fields]

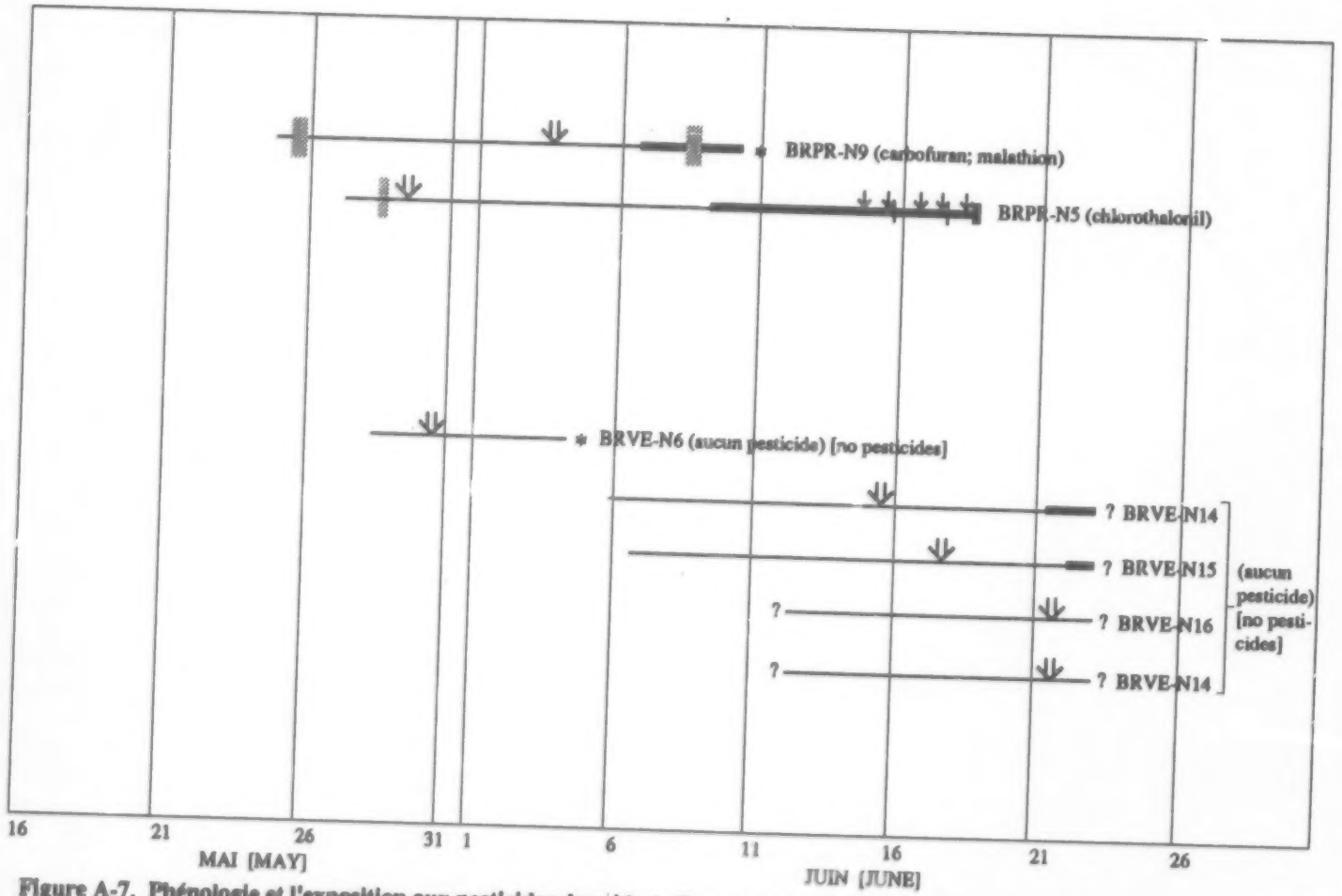


Figure A-7. Phénologie et l'exposition aux pesticides des nids de Bruant des prés et de Bruant vespéral des champs de fraises [Phenology and exposure to pesticides of Savannah Sparrow and Vesper Sparrow nests in strawberry fields]

ANNEXE 3
AVIFAUNE DES DEUX CULTURES A L'ÉTUDE ET LES NOMS FRANÇAIS, ANGLAIS ET SCIENTIFIQUES DES ESPÈCES D'OISEAUX MENTIONNÉES DANS LE RAPPORT

Tableau A-1. PROBLEMES REPRODUCTIFS EN FONCTION DES ARROSAGES DE PESTICIDES OU DES INTERVENTIONS DES OBSERVATEURS

NIDS	MORTALITE			ARROSAGES				MANIPULATION DES JEUNES
	STERILITE DES OEUFS	MORTALITE DES OEUFS	MORTALITE DES JEUNES	INSECTICIDES (COUVAISON)	INSECTICIDES (ALIMENTATION)	FONGICIDES (COUVAISON)	FONGICIDES (ALIMENTATION)	
VERGERS DE POMMIERS								
Bruant chanteur								
VF-BRCH-81 (1)	-	-	-	(-)		-	-	-
VL-BRCH-81	-	-	-					-
VL-BRCH-82	?	?	?					
VH-BRCH-81	?	-	-	-		-	-	-
VH-BRCH-82	?	-	-	-		-		-
VB-BRCH-81	-	-	X					-
Bruant familier								
VF-BRFA-81 (3)	-	-	-					
VF-BRFA-82 (6)	-	-	-			-		-
VF-BRFA-83 (7)	-	-	X	-		-	-	-
VF-BRFA-84 (4)	X	X	-	-		-		-
VF-BRFA-85 (6)	-	-	-	-		-		-
VF-BRFA-86 (1)	?	?	?	-	-	-	-	-
VF-BRFA-87 (2)	-	-	-					-
VF-BRFA-88 (2)	-	-	-	-		-	-	-
VH-BRFA-81 (1)	?	X	S/O	(-)		-	-	-
VH-BRFA-82	?	?	?			-		
VH-BRFA-83	?	?	?	-				
Bruant vespéral								
VF-BRVE-81 (5)	?	-	-			-	-	
Carouge à épaulettes								
VH-CAEP-81	-	-	-					
VH-CAEP-82	-	-	-	(-)		(-)		
VH-CAEP-83	?	?	X	(-)		(-)		
VH-CAEP-84	?	?	-	(-)		(-)		
VB-CAEP-81	?	X	?					
VB-CAEP-82	-	-	-					
Jaseur des cèdres								
VF-JACE-81 (2)	S/O	S/O	S/O					
VF-JACE-82 (2)	?	X	S/O					
VF-JACE-83 (1)	?	?	?					
VF-JACE-84 (1)	?	?	?					
VH-JACE-81	S/O	S/O	S/O					
Merle d'Amérique								
VF-MEAM-81 (6)	X	X	-					
VF-MEAM-82 (3)	X	X	X		-	-	-	-
VF-MEAM-83 (10)	?	X	S/O			-	-	-
VF-MEAM-84 (10)	?	-	-					
VH-MEAM-81	?	X	S/O	-	-			-
VH-MEAM-87	-	X	X	-	-			-
VH-MEAM-88	?	X	S/O	-		-	-	-
VH-MEAM-89	?	?	?			-		
VB-MEAM-81	?	X	S/O					
Merle-bleu de l'Est								-
VF-MEES-81 (7)	X	X	S/O	-				
VF-MEES-82 (8)	-	-	?			-		
VH-MEES-81	-	-	?	-		-		-
Moucherolle phébi								
VF-MOPH-81 (9)	?	?	-	(-)	(-)	-		
Paruline jaune								
VB-PAJA-81	-	-	?					
Pic flamboyant								
VF-PIFL-81 (4)	?	?	?	-		-		
VH-PIFL-81	?	?	?	-		-		
Pluvier kildir								
VH-PLKI-81	?	?	?	-		-		
VH-PLKI-82	-	-	?	-		-		

Tableau A-1. PROBLEMES REPRODUCTIFS EN FONCTION DES ARROSAGES DE PESTICIDES OU DES INTERVENTIONS DES OBSERVATEURS (SUITE)

Tourterelle triste								
VF-TOTR-H1 (2)	?	?	?			(-)		
VM-TOTR-H1	?	?	?					
VM-TOTR-H2	-	-	?	-		-		
Tyran tritri								
VF-TYTR-H1 (4)	S/O	S/O	S/O					
VM-TYTR-H1	?	x	S/O	-		-		
VM-TYTR-H2	?	x	S/O	(-)				
VM-TYTR-H3	S/O	S/O	S/O					
VR-TYTR-H1	?	?	?					
CHAMPS DE FRAISES								
Bruant chanteur								
BRCH-H1	x	x	-	-		-		
BRCH-H2	x	x	x	-		-		
BRCH-H3	-	-	x	(-)		(-)		-
BRCH-H4	-	-	-	-				-
BRCH-H8	-	-	x					-
BRCH?-H10	?	x	S/O	-				
BRCH-H11	-	-	-	-	-			
BRCH-H12	x	x	-	(-)				
BRCH-H13	-	-	?	(-)				
Bruant des prés								-
BRPR-H5	x	x	-			-		
BRPR-H9	-	-	x	-	-			-
Bruant vespéral								
BRVE-H6	?	x	S/O					
BRVE-H14	-	-	?					
BRVE-H15	?	?	?					
BRVE-H16	?	?	?					
BRVE-H17	?	?	?					
Bruant sp.								
BRSP-H7	?	x	S/O	-		-		
Canard pilet								
CAPI-H1	?	?	?	?		-		
Canard noir								
CANO-H1	-	-	?	(-)				

LEGENDE

S/O : Sans ordre, absence d'oeufs ou de jeunes.

Stérilité des oeufs :
- Aucun oeuf stérile
x Au moins un oeuf stérile

Mortalité des oeufs :
- Aucune mortalité
x Au moins un oeuf mort

Mortalité des jeunes :
- Aucune mortalité
x Au moins un jeune mort

Arrosages des pesticides: Couvaison - Période où les oeufs sont au nid
Alimentation - Période où les jeunes sont au nid
- Exposition directe du nid
(-) Exposition indirecte du nid (distance de 10 à 25 m de l'aire d'arrosage)

(1) I ouest - centre
(2) I ouest - périphérie
(3) G centre - est
(4) G centre - ouest
(5) 77-A
(6) 77-C
(7) F centre
(8) I centre
(9) 81
(10) Hors du verger

Table A-1. REPRODUCTIVE PROBLEMS AS A FUNCTION OF PESTICIDE APPLICATIONS OR OF OBSERVER INTERVENTIONS

NESTS	MORTALITY			SPRAYINGS				HANDLING OF NESTLINGS
	EGG STERILITY	EGG MORTALITY	NESTLING MORTALITY	INSECTICIDES (INCUBATION)	INSECTICIDES (FEEDING)	FUNGICIDES (INCUBATION)	FUNGICIDES (FEEDING)	
APPLE ORCHARDS								
Song Sparrow								
VF-SRCH-N1 (1)	-	-	-	(-)		-	-	-
VL-SRCH-N1	-	-	-					-
VL-SRCH-N2	?	?	?					
VM-SRCH-N1	?	-	-	-		-	-	-
VM-SRCH-N2	?	-	-	-		-		-
VR-SRCH-N1	-	-	x					-
Chipping Sparrow								
VF-SRFA-N1 (3)	-	-	-			-		-
VF-SRFA-N2 (6)	-	-	-	-		-	-	-
VF-SRFA-N3 (7)	-	-	x	-		-		-
VF-SRFA-N4 (4)	x	x	-	-		-		-
VF-SRFA-N5 (6)	-	-	-	-		-	-	-
VF-SRFA-N6 (1)	?	?	?		-			-
VF-SRFA-N7 (2)	-	-	-	-		-	-	-
VF-SRFA-N8 (2)	-	-	-	(-)		-	-	-
VM-SRFA-N1 (1)	?	x	N/A			-		
VM-SRFA-N2	?	?	?	-				
VM-SRFA-N3	?	?	?	-				
Vesper Sparrow								
VF-SRVE-N1 (5)	?	-	-			-	-	
Red-winged Blackbird								
VM-CAEP-N1	-	-	-	(-)		(-)		
VM-CAEP-N2	-	-	x	(-)		(-)		
VM-CAEP-N3	?	?	-	(-)		(-)		
VM-CAEP-N4	?	?	?					
VR-CAEP-N1	?	x	?					
VR-CAEP-N2	-	-	-					
Cedar Waxwing								
VF-JACE-N1 (2)	N/A	N/A	N/A					
VF-JACE-N2 (2)	?	x	N/A					
VF-JACE-N3 (1)	?	?	?					
VF-JACE-N4 (1)	?	?	?					
VM-JACE-N1	N/A	N/A	N/A					
American Robin								
VF-MEAN-N1 (6)	x	x	-		-	-	-	-
VF-MEAN-N2 (3)	x	x	x			-	-	-
VF-MEAN-N3 (10)	?	x	N/A					
VF-MEAN-N4 (10)	?	-	-					-
VM-MEAN-N1	?	x	N/A	-	-			-
VM-MEAN-N7	-	x	x	-	-	-	-	-
VM-MEAN-N8	?	x	N/A	-		-		
VM-MEAN-N9	?	?	?					
VR-MEAN-N1	?	x	N/A					-
Eastern Bluebird								
VF-MEES-N1 (7)	x	x	N/A	-		-		
VF-MEES-N2 (8)	-	-	?			-		-
VM-MEES-N1	-	-	?	-		-		-
Eastern Phoebe								
VF-MOPH-N1 (9)	?	?	-	(-)	(-)	-		
Yellow Warbler								
VR-PAJA-N1	-	-	?					
Northern Flicker								
VF-PIPL-N1 (4)	?	?	?	-		-		
VM-PIPL-N1	?	?	?	-		-		
Killdeer								
VM-PLKI-N1	?	?	?	-		-		
VM-PLKI-N2	-	-	?	-		-		

Table A-1. REPRODUCTIVE PROBLEMS AS A FUNCTION OF PESTICIDE APPLICATIONS OR OF OBSERVER INTERVENTIONS (CONTINUED)

Mourning Dove								
VF-TOTR-N1 (2)	?	?	?					
VM-TOTR-N1	?	?	?			(-)		
VM-TOTR-N2	-	-	?	-		-		
Eastern Kingbird								
VF-TYTR-N1 (4)	N/A	N/A	N/A					
VM-TYTR-N1	?	x	N/A	-		-		
VM-TYTR-N2	?	x	N/A	(-)				
VM-TYTR-N3	N/A	N/A	N/A					
VR-TYTR-N1	?	?	?					
STRAWBERRY FIELDS								
Song Sparrow								
BRCH-N1	x	x	-	-		-		
BRCH-N2	x	x	x	-		-		
BRCH-N3	-	-	x	(-)		(-)		-
BRCH-N4	-	-	-	-				-
BRCH-N8	-	-	x					-
BRCH7-N10	?	x	N/A	-				-
BRCH-N11	-	-	-	-	-			
BRCH-N12	x	x	-	(-)				
BRCH-N13	-	-	?	(-)				
Savannah Sparrow								
BRPR-N5	x	x	-	-		-		-
BRPR-N9	-	-	x	-	-			
Vesper Sparrow								
BRVE-N6	?	x	N/A					
BRVE-N14	-	-	?					
BRVE-N15	?	?	?					
BRVE-N16	?	?	?					
BRVE-N17	?	?	?					
Sparrow sp.								
BRSP-N7	?	x	N/A	-		-		
Northern Pintail								
CAPI-N1	?	?	?	?		-		
American Black Duck								
CANO-N1	-	-	?	(-)				

LEGEND

N/A : Not applicable: absence of eggs of of nestlings

Sterility of eggs : - No sterile eggs
x At least one sterile egg

Egg mortality : - No mortality
x Mortality of at least one egg

Nestling mortality : - No mortality
x Mortality of at least one nestling

Pesticides sprayings : Incubation - During the period of eggs in the nest
Feeding - During the period of nestlings in the nest
- Nest directly exposed
(-) Nest indirectly exposed (distance of 10 to 25 m from the sprayed area)

(1) I west - centre
(2) I west - periphery
(3) G centre - east
(4) G centre - west
(5) 77-A
(6) 77-C
(7) F centre
(8) I centre
(9) 81
(10) Outside of the orchard

NOTES EXPLICATIVES POUR LES TABLEAUX

Les deux tableaux de l'annexe 3 incluent presque toutes les espèces d'oiseaux observées aux deux cultures étudiées. Afin de mieux estimer l'exposition potentielle aux pesticides, nous avons coté la fréquence de chaque espèce, dans le milieu en question, selon la nidification, l'alimentation et la présence. Il est à noter que les cotes sont parfois attribuées plus en fonction de notre jugement qu'en fonction des données réelles. Par exemple, nous n'avons pas trouvé de nids de toutes les espèces qu'on croyait pourtant nicheuses aux sites d'étude.

Dans ces tableaux, il y a une distinction entre la culture arrosée proprement dite et ses environs immédiats (une distance approximative maximale de 25 m) afin de souligner le fait que quelques espèces sont directement exposées aux arrosages, alors que d'autres n'y sont exposées qu'indirectement. Les espèces très rares sur les sites d'étude, ainsi que celles manifestement hors de leur habitat normal sont exclues.

COTES DE NIDIFICATION

C: Commun. Une partie importante de la population locale de cette espèce niche dans l'habitat en question.
P: Peu commun. Une partie peu importante de la population locale de cette espèce niche dans l'habitat en question.
R: Rare. L'espèce ne niche que rarement dans l'habitat en question.

Aucune entrée signifie que l'espèce ne niche probablement pas dans l'habitat en question.

COTES D'ALIMENTATION ET DE PRÉSENCE

C: Commun. L'espèce se trouve presque quotidiennement dans l'habitat en question.
P: Peu commun. L'espèce se trouve de temps en temps dans l'habitat en question.
R: Rare. L'espèce ne se trouve que rarement dans l'habitat en question.

Aucune entrée signifie que que l'espèce ne se trouve probablement pas dans l'habitat en question.

NOMS FRANÇAIS, ANGLAIS ET SCIENTIFIQUES

Pour les soixante-six espèces d'oiseaux observées aux deux sites d'étude, on pourra trouver dans les tableaux les noms français, anglais et scientifiques. La liste suivante fournit les noms pour des espèces additionnelles mentionnées dans le texte.

Les noms français utilisés dans ce rapport sont tirés de Ouellet et Gosselin (1983), tandis que les noms anglais et scientifiques sont de l'American Ornithologists' Union (1983) et ses suppléments.

NOM FRANÇAIS	NOM ANGLAIS	NOM SCIENTIFIQUE
Canard colvert	Mallard	Anas platyrhynchos
Perdrix choukar	Chukar	Alectoris chukar
Faisan de chasse	Ring-necked Pheasant	Phasianus colchicus
Colin de Virginie	Northern Bobwhite	Colinus virginianus
Gélinotte à queue fine	Sharp-tailed Grouse	Tympanuchus phasianellus

Tableau A-2. AVIFAUNE DES VERGERS DE POMMIERS

ESPECES	NOM SCIENTIFIQUE	DANS LES VERGERS			AUX ENVIRONS DES VERGERS		
		Nidification	Alimentation	Présence	Nidification	Alimentation	Présence
Canard noir	Anas rubripes				R	R	R
Urubu à tête rouge	Cathartes aura						R
Busard Saint-Martin	Circus cyaneus					R	R
Epervier brun	Accipiter striatus		R	P		R	P
Epervier de Cooper	A. cooperi		P	P		P	P
Buse à queue rousse	Buteo jamaicensis			R			R
Crécerelle d'Amérique	Falco sparverius		R	R		R	R
Pluvier kildir	Charadrius vociferus	P	C	C	C	C	C
Bécasse d'Amérique	Scolopax minor		?	?	R?	R	R
Pigeon biset	Columba livia					R	R
Tourterelle triste	Zenaida macroura	C	C	C	C	C	C
Chouette rayée	Strix varia			P		C?	C
Martinet ramoneur	Chaetura pelagica						P
Colibri à gorge rubis	Archilocus colubris	P?	C	C	C	C	C
Martin-pêcheur d'Amérique	Ceryle alcyon					P	P
Pic chevelu	Picoides villosus		P	P			
Pic flamboyant	Colaptes auratus	P	P	C		P	C
Pioui de l'Est	Contopus virens					R	R
Moucherolle des aulnes	Empidonax alnorum		R	R	R	P	P
Moucherolle tchébek	Empidonax minimus		P	P	P	P	C
Moucherolle phébi	Sayornis phoebe		C	C	P	C	C
Tyran tritri	Tyrannus tyrannus	C	C	C	C	C	C
Hirondelle bicolore	Tachycineta bicolor		P	P	P	P	P
Hirondelle des granges	Hirundo rustica		C	C	C	C	C
Geai bleu	Cyanocitta cristata		P?	C		?	C
Corneille d'Amérique	Corvus brachyrhynchos		P	C		P	C
Mésange à tête noire	Parus atricapillus	R?	C	C		C	C
Merle-bleu de l'Est	Sialia sialis	C	C	C	C	C	C
Merle d'Amérique	Turdus migratorius	C	C	C	C	C	C
Moqueur chat	Dumetella carolinensis			R	P	P	P
Moqueur roux	Toxostoma rufum			R	R	R	R
Jaseur des cèdres	Bombycilla cedrorum	C	C	C	C	C	C
Etourneau sansonnet	Sturnus vulgaris	P	C	C	C	C	C
Paruline jaune	Dendroica petechia	R	R	R	P	P	P
Paruline flamboyante	Setophaga ruticilla		R	R	P	P	P
Paruline masquée	Geothlypis trichas			R	P	P	P
Cardinal à poitrine rose	Pheucticus ludoicianus		R	R		R	R
Bruant familier	Spizella passerina	C	C	C	C	C	C
Bruant vespéral	Pooecetes gramineus	R	R	R	R	R	R
Bruant des prés	Passerculus sandvichensis		R	P	R	R	P
Bruant chanteur	Melospiza melodia	C	C	C	C	C	C
Bruant à gorge blanche	Zonotrichia albicollis					R	R
Goglu	Dolichonyx oryzivorus						R
Carouge à épaulettes	Agelaius phoeniceus		R?	C	C	C	C
Quiscale bronzé	Quiscalus quiscula		P	C	C	C	C
Vacher à tête brune	Molothrus ater	R	R	P	P	P	P
Oriole du nord	Icterus galbula						?
Roselin pourpré	Carpodacus purpureus		R	P		R	P
Chardonneret jaune	Carduelis tristis	P?	C	C	P?	C	C

C: Commun
P: Peu commun
R: Rare

Table A-2. AVIFAUNA OF THE APPLE ORCHARDS

SPECIES	SCIENTIFIC NAME	WITHIN THE ORCHARDS			IMMEDIATE VICINITY OF THE ORCHARDS		
		Nesting	Feeding	Presence	Nesting	Feeding	Presence
American Black Duck	Anas rubripes				R	R	R
Turkey Vulture	Cathartes aura						R
Northern Harrier	Circus cyaneus					R	R
Sharp-shinned Hawk	Accipiter striatus		R	P		R	P
Cooper's Hawk	A. cooperi		P	P		P	P
Red-tailed Hawk	Buteo jamaicensis			R			R
American Kestrel	Falco sparverius		R	R		R	R
Killdeer	Charadrius vociferus	P	C	C	C	C	C
American Woodcock	Scolopax minor		?	?	R?	R	R
Rock Dove	Columba livia					R	R
Mourning Dove	Zenaida macroura	C	C	C	C	C	C
Barred Owl	Strix varia			P		C?	C
Chimney Swift	Chaetura pelagica						P
Ruby-throated Hummingbird	Archilocus colubris	P?	C	C	C	C	C
Belted Kingfisher	Ceryle alcyon					P	P
Hairy Woodpecker	Picoides villosus		P	P			
Northern Flicker	Colaptes auratus	P	P	C		P	C
Eastern Wood-Pewee	Contopus virens					R	R
Alder Flycatcher	Empidonax alnorum		R	R	R	P	P
Least Flycatcher	Empidonax minimus		P	P	P	P	C
Eastern Phoebe	Sayornis phoebe		C	C	P	C	C
Eastern Kingbird	Tyrannus tyrannus	C	C	C	C	C	C
Tree Swallow	Tachycineta bicolor		P	P	P	P	P
Barn Swallow	Hirundo rustica		C	C	C	C	C
Blue Jay	Cyanocitta cristata		P?	C		?	C
American Crow	Corvus brachyrhynchos		P	C		P	C
Black-capped Chickadee	Parus atricapillus	R?	C	C		C	C
Eastern Bluebird	Sialia sialis	C	C	C	C	C	C
American Robin	Turdus migratorius	C	C	C	C	C	C
Gray Catbird	Dumetella carolinensis			R	P	P	P
Brown Thrasher	Toxostoma rufum			R	R	R	R
Cedar Waxwing	Bombycilla cedrorum	C	C	C	C	C	C
European Starling	Sturnus vulgaris	P	C	C	C	C	C
Yellow Warbler	Dendroica petechia	R	R	R	P	P	P
American Redstart	Setophaga ruticilla		R	R	P	P	P
Common Yellowthroat	Geothlypis trichas			R	P	P	P
Rose-breasted Grosbeak	Pheucticus ludoicianus		R	R		R	R
Chipping Sparrow	Spizella passerina	C	C	C	C	C	C
Vesper Sparrow	Pooecetes gramineus	R	R	R	R	R	R
Savannah Sparrow	Passerculus sandwichensis		R	P	R	R	P
Song Sparrow	Melospiza melodia	C	C	C	C	C	C
White-throated Sparrow	Zonotrichia albicollis					R	R
Bobolink	Dolichonyx oryzivorus						R
Red-winged Blackbird	Agelaius phoeniceus		R?	C	C	C	C
Common Grackle	Quiscalus quiscula		P	C	C	C	C
Brown-headed Cowbird	Molothrus ater	R	R	P	P	P	P
Northern Oriole	Icterus galbula						R
Purple Finch	Carpodacus purpureus		R	P		R	P
American Goldfinch	Carduelis tristis	P?	C	C	P?	C	C

C: Common
P: Uncommon
R: Rare

Tableau A-3. AVIFAUNE DES CHAMPS DE FRAISES

ESPECES	NOM SCIENTIFIQUE	DANS LES CHAMPS DE FRAISES			AUX ENVIRONS DES CHAMPS DE FRAISES		
		Nidification	Alimentation	Présence	Nidification	Alimentation	Présence
Bernache du Canada	Branta canadensis					P	P
Canard noir	Anas rubripes				R		R
Canard pilet	A. acuta	P	R	P	R	R	R
Sarcelle à ailes bleues	A. discors					R	R
Busard Saint-Martin	Circus cyaneus				C	C	C
Epervier brun	Accipiter striatus					R	R
Buse pattue	Buteo lagopus					R	R
Pluvier kildir	Charadrius vociferus	P	C	C	C	C	C
Maubèche branle-queue	Actitis macularia	C	P	C	C	C	C
Goéland à bec cerclé	Larus delawarensis		C	C		C	C
Goéland argenté	L. argentatus					C	C
Tourterelle triste	Zenaida macroura		P	C	P	C	C
Hibou des marais	Asio flammeus					R	R
Martinet ramoneur	Chaetura pelagica					R	R
Colibri à gorge rubis	Archilochus colubris					C	C
Martin-pêcheur d'Amérique	Ceryle alcyon						R
Pic flamboyant	Colaptes auratus			R	R	R	R
Moucherolle tchébek	Empidonax minimus						R
Alouette cornue	Eremophila alpestris	P	P	C	C	C	C
Hirondelle bicolore	Tachycineta bicolor		C	C	C	C	C
Hirondelle des sables	Riparia riparia		P	C	C	C	C
Hirondelle des granges	Hirundo rustica			C	C	C	C
Geai bleu	Cyanocitta cristata					R	R
Corneille d'Amérique	Corvus brachyrhynchos		C	C	C	C	C
Grive fauve	Catharus fuscescens			R		R	R
Merle d'Amérique	Turdus migratorius		P	C	P	C	C
Moqueur chat	Dumetella carolinensis			R	P	P	P
Pipit spioncelle	Anthus spinoletta		R	R		P	P
Jaseur des cèdres	Bombycilla cedrorum		C	C	C	C	C
Etourneau sansonnet	Sturnus vulgaris		P	C	C	C	C
Paruline jaune	Dendroica petechia				P	P	P
Paruline flamboyante	Setophaga ruticilla				R	R	R
Paruline des ruisseaux	Seiurus noveboracensis				R	R	R
Paruline masquée	Geothlypis trichas				P	P	P
Bruant hudsonien	Spizella arborea					R	R
Bruant familier	S. passerina			R	P	P	P
Bruant vespéral	Pooecetes gramineus	C	C	C	C	C	C
Bruant des prés	Passerculus sandwichensis	R	P	C	C	C	C
Bruant chanteur	Melospiza melodia	R	P	C	C	C	C
Bruant des marais	M. georgiana				R	R	R
Bruant à gorge blanche	Zonotrichia albicollis				R	R	P
Goglu	Dolichonyx oryzivorus			P	C	C	C
Carouge à épaulettes	Agelaius phoeniceus		R	C	C	C	C
Sturnelle des prés	Sturnella magna				R	R	R
Quiscale bronzé	Quiscalus quiscula		P	C	C	C	C
Vacher à tête brune	Molothrus ater	R	P	C	C	C	C
Chardonneret jaune	Carduelis tristis			P	C	C	C
Moineau domestique	Passer domesticus			P	P	C	C

C: Commun
P: Peu commun
R: Rare

Table A-3. AVIFAUNA OF STRAWBERRY FIELDS

SPECIES	SCIENTIFIC NAME	WITHIN THE STRAWBERRY FIELDS			IMMEDIATE VICINITY OF THE STRAWBERRY FIELDS		
		Nesting	Feeding	Presence	Nesting	Feeding	Presence
Canada Goose	Branta canadensis					P	P
American Black Duck	Anas rubripes				R		R
Northern Pintail	A. acuta	P	R	P	R	R	R
Blue-winged Teal	A. discors						R
Northern Harrier	Circus cyaneus				C		C
Sharp-shinned Hawk	Accipiter striatus						R
Rough-legged Hawk	Buteo lagopus						R
Killdeer	Charadrius vociferus	P	C	C	C		C
Spotted Sandpiper	Actitis macularia	C	P	C	C		C
Ring-billed Gull	Larus delawarensis		C	C			C
Herring Gull	L. argentatus				P		C
Mourning Dove	Zenaida macroura		P	C			C
Short-eared Owl	Asio flammeus						R
Chimney Swift	Chaetura pelagica						R
Ruby-throated Hummingbird	Archilochus colubris						C
Belted Kingfisher	Ceryle alcyon						R
Northern Flicker	Colaptes auratus			R	R	R	C
Least Flycatcher	Empidona minimus						R
Horned Lark	Eremophila alpestris	P	P	C	C	C	R
Tree Swallow	Tachycineta bicolor		C	C	C	C	C
Bank Swallow	Riparia riparia		P	C	C	C	C
Barn Swallow	Hirundo rustica			C	C	C	C
Blue Jay	Cyanocitta cristata					C	R
American Crow	Corvus brachyrhynchos		C	C	C		C
Veery	Catharus fuscescens			R		R	R
American Robin	Turdus migratorius		P	C	P	C	C
Gray Catbird	Dumetella carolinensis			R	P	P	P
Water Pipit	Anthus spinoletta		R	R		P	P
Cedar Waxwing	Bombycilla cedrorum		C	C	C	C	C
European Starling	Sturnus vulgaris		P	C	C	C	C
Yellow Warbler	Dendroica petechia				C	P	R
American Redstart	Setophaga ruticilla				R	R	R
Northern Waterthrush	Seiurus noveboracensis				P	P	R
Common Yellowthroat	Geothlypis trichas						P
American Tree Sparrow	Spizella arborea						R
Chipping Sparrow	S. passerina			R	P	P	P
Vesper Sparrow	Pooecetes gramineus	C	C	C	C	C	C
Savannah Sparrow	Passerculus sandvichensis	R	P	C	C	C	C
Song Sparrow	Melospiza melodia	R	P	C	C	C	C
Swamp Sparrow	M. georgiana				C	C	R
White-throated Sparrow	Zonotrichia albicollis				R	R	P
Bobolink	Dolichonyx oryzivorus			P	C	C	C
Red-winged Blackbird	Agelaius phoeniceus		R	C	C	C	R
Eastern Meadowlark	Sturnella magna				R	R	C
Common Grackle	Quiscalus quiscula		P	C	C	C	C
Brown-headed Cowbird	Molothrus ater	R	P	C	C	C	C
American Goldfinch	Carduelis tristis			P	P	C	C
House Sparrow	Passer domesticus			P			

C: Common
P: Uncommon
R: Rare

ANNEXE 4
DONNÉES PROVENANT DES PÉRIODES D'OBSERVATION DE NOURRISSAGE AU NID

Tableau A-4. PÉRIODES D'OBSERVATION D'ALIMENTATION AU NID (VERGERS DE POMMIERS)

NID	DATE	NOMBRE DE JEUNES	AGE (jours)	NOMBRE DE VISITES/ 2 HEURES	LONGUEUR MOYENNE DE L'ITEM DE NOURRITURE (mm)	TEMPERATURE AU DÉBUT (°C)	REMARQUES*
Bruant chanteur							
VF-N1	15 juin	5	7	11	30,2 (6)**	28°	
	16 juin	5	8	18	16,9 (11)	27°	
VR-N1	8 juin	5	5	20	15,1 (18)	15°	
	9 juin	5	6	34	16,1 (25)	11°	
Bruant familier							
VF-N2	10 juin	4	4	36	18,0 (8)	10°	44 minutes de couvaison
	14 juin	2	8			23°	Suivi abandonné, les jeunes prennent l'envol
VF-N3	19 juin	2	6			18°	Suivi abandonné, les adultes ne s'habituent pas à la cache
VF-N5	15 juin	4	6	36	6,0 (3)	28°	
	16 juin	3	7	37	9,0 (1)	27°	
	18 juin	2	9			20°	Suivi abandonné, les jeunes prennent l'envol
VF-N7	9 juin	4	4	12	15,9 (10)	11°	54 minutes de couvaison
	12 juin	4	7	24	14,2 (11)	19°	
	13 juin	3	8	20	18,8 (13)	22°	
Merle d'Amérique							
VM-N7	7 juin	4	7			18°	Suivi abandonné, nid trop caché
Merle-bleu de l'Est							
VM-N1	10 juin	4	5				Suivi abandonné, trop d'activité humaine
	11 juin	4	6	22	22,0 (9)	14°	48 minutes de couvaison

* Observations pouvant influencer les données. Chaque période d'observation avait une durée de deux heures.
** Le chiffre entre parenthèses est égal à n, le nombre d'items de nourriture.

Table A-4. OBSERVATION PERIODS OF FEEDING AT THE NEST (APPLE ORCHARDS)

NEST	DATE	NUMBER OF YOUNG	AGE (days)	NUMBER OF VISITS/ 2 HOURS	MEAN LENGTH (mm) OF FOOD ITEM	TEMPERATURE AT BEGINNING (°C)	COMMENTS*
Song Sparrow							
VF-N1	June 15	5	7	11	30.2 (6)**	28°	
	June 16	5	8	18	16.9 (11)	27°	
VR-N1	June 8	5	5	20	15.1 (18)	15°	
	June 9	5	6	34	16.1 (25)	11°	
Chipping Sparrow							
VF-N2	June 10	4	4	36	18.0 (8)	10°	44 minutes of incubation
	June 14	2	8			23°	Observations abandoned, young fledge
VF-N3	June 19	2	6			18°	Adults fail to habituate to the blind
VF-N5	June 15	4	6	36	6.0 (3)	28°	
	June 16	3	7	37	9.0 (1)	27°	
	June 18	2	9			20°	Observations abandoned, young fledge
VF-N7	June 9	4	4	12	15.9 (10)	11°	54 minutes of incubation
	June 12	4	7	24	14.2 (11)	19°	
	June 13	3	8	20	18.8 (13)	22°	
American Robin							
VM-N7	June 7	4	7			18°	Observations abandoned, nest too hidden
Eastern Bluebird							
VM-N1	June 10	4	5				Observations abandoned, too much human activity
	June 11	4	6	22	22.0 (9)	14°	48 minutes of incubation

* Situation which may have compromised the value of the data. Each period of observation was of two hours.
** The value in parentheses is n, the number of items of food.

Tableau A-5. PÉRIODES D'OBSERVATION D'ALIMENTATION AU NID (CHAMPS DE FRAISES)

NID	DATE	NOMBRE DE JEUNES	AGE (jours)	NOMBRE DE VISITES/ 2 HEURES	LONGUEUR MOYENNE DE L'ITEM DE NOURRITURE (mm)	TEMPÉRATURE AU DÉBUT (°C)	REMARQUES*
Bruant chanteur							
N1	8 juin	2	9			12°	Suivi abandonné, les jeunes prennent l'envol
N3	4 juin	4	7	27	13,1 (27)**	18°	
	5 juin	4	8	25	14,5 (25)	13°	
N4	6 juin	5	8	30	9,6 (24)	18°	
	7 juin	5	9	35	14,5 (28)	14°	
N8	15 juin	4	2			25°	Suivi abandonné, les adultes ne s'habituent pas à la cache
N11	9 juin	4	5	21	20,6 (17)	12°	30 minutes de couvaison
	10 juin	4	6	20	8,2 (20)	17°	
	11 juin	4	7	14	13,7 (14)	16°	
	12 juin	4	8	15	13,4 (15)	15°	
	13 juin	4	9	29	21,8 (28)	23°	
N12	17 juin	1	7			17	Suivi abandonné, trop d'activité humaine
N13	19 juin	4	9	8	12,8 (8)	19°	
	21 juin	4	11	3	22,0 (3)	22°	25 minutes avant la première visite au nid
Bruant des prés							
N5	14 juin	2	5	8	18,6 (6)	20°	13 minutes de couvaison
	15 juin	2	6	13	13,9 (8)	25°	21 minutes de couvaison
	16 juin	2	7	3	9,3 (3)	24°	42 minutes de couvaison
	17 juin	2	8	4	16,4 (4)	17°	
	18 juin	2	9			17°	Suivi abandonné, les jeunes prennent l'envol

* Observations pouvant influencer les données. Chaque période d'observation avait une durée de deux heures.
** Le chiffre entre parenthèses est égal à n, le nombre d'items de nourriture.

Table A-5. OBSERVATION PERIODS OF FEEDING AT THE NEST (STRAWBERRY FIELDS)

NEST	DATE	NUMBER OF YOUNG	AGE (days)	NUMBER OF VISITS/ 2 HOURS	MEAN LENGTH (mm) OF FOOD ITEM	TEMPERATURE AT BEGINNING (°C)	COMMENTS*
Song Sparrow							
N1	June 8	2	9			12°	Observations abandoned, young fledge
N3	June 4	4	7	27	13,1 (27)**	18°	
	June 5	4	8	25	14,5 (25)	13°	
N4	June 6	5	8	30	9,6 (24)	18°	
	June 7	5	9	35	14,5 (28)	14°	
N8	June 15	4	2			25°	Observations abandoned, adults fail to habituate to the blind
N11	June 9	4	5	21	20,6 (17)	12°	30 minutes of incubation
	June 10	4	6	20	8,2 (20)	17°	
	June 11	4	7	14	13,7 (14)	16°	
	June 12	4	8	15	13,4 (15)	15°	
	June 13	4	9	29	21,8 (28)	23°	
N12	June 17	1	7			17	Observations abandoned, too much human activity
N13	June 19	4	9	8	12,8 (8)	19°	
	June 21	4	11	3	22,0 (3)	22°	25 minutes before the first visit to the nest
Savannah Sparrow							
N5	June 14	2	5	8	18,6 (6)	20°	13 minutes of incubation
	June 15	2	6	13	13,9 (8)	25°	21 minutes of incubation
	June 16	2	7	3	9,3 (3)	24°	42 minutes of incubation
	June 17	2	8	4	16,4 (4)	17°	
	June 18	2	9			17°	Observations abandoned, young fledge

* Situation which may have compromised the value of the data. Each period of observation was of two hours.
** The value in parentheses is n, the number of items of food.